N° d'enregistrement
Université de Bordeaux I
N° 346

N° d'enregistrement
C. N. R. S.

THÈSE

DE DOCTORAT D'ÉTAT ÈS SCIENCES NATURELLES

PRÉSENTÉE

A L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX I

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

Jacques SCHŒFFLER

ETUDE STRUCTURALE DES TERRAINS MOLASSIQUES DU PIEDMONT-NORD DES PYRÉNÉES DE PEYREHORADE A CARCASSONNE

Soutenue le 21 Décembre 1971, devant la Commission d'Examen

MM. M. VIGNEAUX, Professeur	Président
P. MURAOUR, Professeur	Examinateurs
P. LEVEQUE, Professeur	
M. GIETKA, Chef de la Division Exploration (SNPA)	Invités
G. COLO, Chef de Département - Exploration - France (SNPA)	
E. WINNOCK, Chef de Département - B. E. B. - Europe (SNPA)	

- 1971 -

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

En exergue à ce travail, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont permis de le mener à bien.

Et d'abord à MM. BOUILLOT et FEGER, Vice-Président Directeur Général et Directeur Général Adjoint, respectivement, de la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, à laquelle j'ai l'honneur d'appartenir, en qualité de Conseiller géologique. Je remercie M. VIGNEAUX, Professeur de Géologie à Bordeaux I et Directeur de l'Institut de Géologie de la Faculté des Sciences, d'avoir bien voulu m'accueillir, et présider mon jury de thèse.

J'ai, bien sûr, puisé largement dans le trésor scientifique accumulé par les recherches de pétrole, dans les dossiers de la S.N.P.A. Si je me suis intéressé à la Molasse, c'est en partie parce que ce terrain, qui paraît présenter peu d'intérêt pétrolier, n'a été l'objet d'aucune étude particulière, jusqu'à ce jour. C'est aussi parce que la nature et la géométrie de ces dépôts, peut donner quelques lueurs sur ce qui s'est passé aux temps tertiaires plus au Sud au droit de la chaîne.

J'adresse également mes remerciements à MM. LELEU et HORGASSAN, sans l'aide desquels rien n'aurait été possible, sur le plan matériel.

Et je n'oublie pas, loin de là, mes anciens collaborateurs et amis, les Géologues et Géophysiciens de la S.N.P.A. J'ai utilisé libéralement beaucoup de leurs rapports, et ce travail, est un peu le leur.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543509_0022

INTRODUCTION

Le géologue doit voir en logicien,

et raisonner en visionnaire

Il y a encore beaucoup de levés de terrain à exécuter dans les Pyrénées, au fur et à mesure que l'on disposera, en territoire français ou espagnol, des plans directeurs au 1/20 000ème ou des cartes précises en courbes de niveau au 1/50 000ème qui font souvent défaut.

Sur le plan de la Physique du globe, les Pyrénées ont été moins étudiées que les Alpes ; il n'existe pas de levés gravimétriques d'ensemble, il n'a pas été exécuté des tirs réfraction en grande ligne qui permettraient de définir l'allure de la discontinuité de Mohorovivic, et l'importance des racines de la chaîne.

Par contre, le pays plat ou doucement vallonné des coteaux de la Garonne et de l'Adour, a fait l'objet de travaux intensifs de prospections de la part de nombreuses Sociétés pétrolières, et il est bien mieux connu que le sous-sol de la vallée du Rhône.

C'est pourquoi il m'a semblé qu'une étude des terrains molassiques du piedmont des Pyrénées françaises, de Peyrehorade à Carcassonne pouvait jeter quelque lumière sur l'histoire, au Tertiaire, de la chaîne dont ils proviennent.

J'ai donc tenté une synthèse de ces séries molassiques, essayé de les dater, et de donner des cartes d'isobathes et d'isopaques dressées à partir des données de la sismique-réflexion qui expriment, pour une part leur histoire. L'étude des diagraphies et des logs lithologiques

.../...

des sondages qui les ont recoupés, permet d'autre part de mettre de la chair sur ces squelettes structuraux, si je puis dire, et de reconstituer la géométrie du piedmont Nord des Pyrénées, telle qu'elle est actuellement.

Dès lors, il est possible, et cet essai sera tenté, de saisir les évènements dont la chaîne elle-même a été le théâtre, et dont l'érosion a effacé toutes traces. Je m'adresse en effet, aux produits de cette érosion, et leurs caractères sont les fruits de cette histoire.

En dehors de la sismique-réflexion, à peu près toutes les autres méthodes géophysiques ont été utilisées. Elles sont en principe de peu d'intérêt pour nos recherches. J'en ferai cependant mention à l'occasion.

Depuis que la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine a commencé à explorer le piedmont Nord des Pyrénées, soit vers l'année 1942, et jusqu'à nos jours, des milliers de kilomètres de profils sismique-réflexion ont été exécutés, et des centaines de forages effectués. A ce jour, les découvertes de gaz et de pétrole qui en ont été la conséquence, ont été faites dans des terrains sédimentaires crétacés ou jurassiques. Et l'étude du Tertiaire, et a fortiori des séries molassiques qui surmontent le Tertiaire marin, et parfois sur une grande épaisseur ont été négligées par les géologues pétroliers, ou n'ont fait l'objet que de travaux épisodiques.

Il m'a fallu en conséquence examiner des milliers de kilomètres de profils sismiques, en m'interrompant à la limite du Tertiaire et particulièrement du Tertiaire continental, et corréler les diagraphies de centaines de sondages. J'ai adapté, revu, et modifié un certain nombre de cartes en isobathes, en particulier en ce qui concerne le toit du Crétacé, ou en isochrones pour la base de la Molasse, et je les ai intégrées dans mon propre travail.

Beaucoup de ces profils ont été pointés et restitués par les géophysiciens de la SNPA. Je les remercie de m'avoir prêté un peu de leur science mon rôle, dans ce cas, s'est réduit à l'interprétation géologique de ces coupes.

.../...

Il m'a paru nécessaire, dans certains cas, d'éclairer l'interprétation des diagraphies, en la comparant avec celle que l'on peut dégager des coupes sismiques restituées, avec des lois convenables.

En effet, les diagraphies de certains puits bien placés, souvent assez proches l'un de l'autre et reliés par des coupes expressives mettant en valeur des discordances manifestes, doivent être examinées de très près et peuvent constituer des sortes de points d'ancrage, de bases, qui serviront de référence là où les apparences seraient moins nettes. De même, l'étude d'un affleurement privilégié permet souvent d'extrapoler à toute une région les hypothèses qu'il suggère à partir d'un fait incontestable et contrôlé.

Enfin, des tableaux portant corrélation de diagraphies seront tracés et permettront d'établir des coupes diagraphiques et lithologiques qui serviront à établir le jeu d'isobathes et d'isopaques qui constitue la deuxième partie de cet ouvrage. Une trame de profils sismiques passeront souvent par des sondages, et les fermetures, tant sismiques que diagraphiques que je serai à même d'assurer, donneront à ce travail une cohérence qui ne saurait être assurée par l'étude des profils sismiques seuls, ou diagraphies seules. Il va de soi que j'ai tenu le plus grand compte des éléments lithologiques observés sur cuttings ou carottes.

Une diagraphie, quelle que soit sa nature, doit être éclairée par tout ce que la coupe lithologique du sondage, établie par le géologue sur le puits, livre comme informations de toute sorte. La microfaune, les microfaciès, toutes les données que le paléontologue peut apporter d'autre part, et qui permettent de dater les terrains ou de définir leurs conditions de dépôt, seront annexés au dossier et j'essaierai de peser la valeur de chaque élément d'information, en n'oubliant jamais de le relier aux autres techniques. La vérité que nous pouvons atteindre est un compromis, une moyenne judicieusement effectuée en mettant toutes les approches de la connaissance sur le même plan, avec la même valeur, puisqu'elles permettent de saisir une des facettes de cette vérité, mais en affectant à chacune de ces approches un coefficient, selon le degré de certitude qu'elles possèdent, et en en faisant la synthèse.

.../...

Il sera parfois possible de relier les coupes obtenues par sismique ou forage aux affleurements. Là où ceux-ci sont bien datés par faune de mammifères, par exemple, nous aurons un précieux appoint de la justesse de nos contours. Ailleurs, j'apporterai aussi des précisions au sujet de l'âge de certaines formations qui n'ont pas encore livré de faune.

II - Il y a une vérité qu'il serait possible théoriquement d'atteindre, celle qui donnerait lieu à la description aussi détaillée qu'il serait nécessaire des terrains qui nous intéressent et de leurs rapports, comme si un démon adroit nous permettait d'éplucher les différentes écorces imbriquées les unes dans les autres, qui constituent un bassin sédimentaire, et de les décrire au fur et à mesure. Ce démon-là, les différentes techniques géophysiques, appuyées par les forages, essaient d'en faire notre esclave. Les progrès futurs de la Science permettront sans doute au géologue des temps futurs de voir à travers l'écorce, d'une manière ou d'une autre, et d'approcher par conséquent cette vérité que j'appellerai descriptive au cours de mon étude.

Mais il y a une autre vérité, d'un tout autre ordre, et qui ne sera jamais approchée que grâce à l'hypothèse : celle-ci permet de remonter dans le temps et d'assister à la genèse des différentes formations. Mais ces événements n'ont laissé que des traces fugitives qui sont d'autant mieux effacées que l'on s'adresse à des époques plus reculées.

Ce sera, pour moi, la vérité dite "génétique", vision du passé exaltante car elle met en jeu des forces titanesques que l'homme, ce ciron, essaye d'apprécier.

Ce genre d'hypothèses, très caractéristiques de notre métier et qui sont parfaitement incontrôlables dans leur essence, peuvent cependant, et jusqu'à un certain point, être appréciées grâce à la valeur de certaines de leurs conséquences que l'on peut rapprocher de ce que l'on tient pour sûr. Ce mode indirect de contrôle est le seul qui soit à notre portée et cette vérité génétique et son cortège conjectural, à laquelle le géologue s'attache parfois comme à une religion révélée (mais par lui !), est la grandeur et la faiblesse de cette Science.

.../...

Résumons-nous : il existe un double aspect du mode d'accès à la connaissance du géologue géophysicien :

1° - Décrire ce qui est, et il est essentiel de distinguer ce qui est certain du probable et du possible. D'introduire à ce stade la notion de marges d'erreur. Et cela est important lorsqu'il s'agira de livrer ces paramètres, avec le degré de certitude qui leur est propre, à l'emmagasinement dans la mémoire de l'ordinateur, étape qui n'a pas été abordée au cours de ce travail.

2° - A partir de ces données, et les transcendant, mettre au point un faisceau d'hypothèses qui cherchent à expliquer pourquoi l'observateur est amené à constater certains faits. C'est le mode de raisonnement génétique, propre au géologue. Ce mode de raisonnement permettra d'en extraire certaines conclusions que d'autres faits d'observation inconnus jusque-là devront corroborer.

III - La quantité de paramètres sur lesquels un géologue géophysicien est amené à appuyer son raisonnement devient très grande, au fur et à mesure que les techniques progressent.

Comme on le sait, il est toujours possible d'établir une loi, dès lors que l'on dispose d'une quantité suffisante de tels paramètres. Il sera toujours possible d'attribuer aux écarts constatés une origine due à des erreurs de mesure, souvent mal connues, sinon peu ou mal appréciées. Il est donc essentiel d'introduire dans ce maquis, dans ce désordre, une hiérarchie. La faculté de synthèse, l'intuition, la vision du passé, l'imagination si vive, en principe, chez "l'interprétateur" donne sa mesure à condition d'être appuyée sur des faits rigoureusement contrôlés. Il est nécessaire, quand on aborde cette science conjecturale, d'avoir de sérieuses bases.

Il m'a semblé utile, en conséquence, de définir un mode de raisonnement qui envisage des étapes ou des points d'ancrage, autour desquels le rayon de divagation permis est différent et mesuré autant qu'il est possible.

.../...

Les bases seront donc de tels points qui présentent un très grand degré de crédibilité. Une hypothèse future, une interprétation quelle qu'elle soit, devra obligatoirement prendre en compte les faits établis en ces points.

Ce mode de raisonnement qui cherche à établir dans la démarche de la pensée du géologue géophysicien des degrés de certitude est essentiel. Les divers paramètres autour desquels l'esprit de l'interprétation décrit des arabesques passeront, quoi qu'il arrive, en ces points précis.

Le réseau des mailles des profils sismiques et des sondages auront une moindre valeur. Certes, j'essaierai de "fermer" de telles mailles mais ce procédé, pour contraignant qu'il paraisse, laisse à un opérateur adroit beaucoup trop de liberté.

Il est absolument essentiel d'introduire dans le raisonnement naturaliste, partout où c'est possible, le maximum de rigueur. Les théories de reconstruction des temps passés pourront dès lors se développer en évaluant ce qui est un point de départ sûr, et ce qui est douteux.

La base exige :

1) Diagraphies expressives ;

2) Coupes sismiques de bonne qualité ;

3) Forages rapprochés, dont la corrélation ne laisse pas prise au doute.

Le réseau ou trame des profils sismiques et des sondages est caractérisé par :

1) Des coupes sismiques de bonne qualité, parfois reliées aux affleurements ;

2) Des diagraphies satisfaisantes ;

3) Mais les forages reliés se trouveront souvent éloignés et, de ce fait, il entrera une part d'hypothèses dans les conclusions que je serai amené à poser lorsque j'essaierai de les corréler.

.../...

Ces informations de divers types seront pesées, reliées les unes aux autres, et permettront de dessiner les différentes cartes d'isobathes et isopaques, avec leurs caractères, qui correspondent aux efforts de ce démon adroit que j'ai évoqué au début de ce chapitre. Puissé-je avoir un peu de cette adresse.

Au point de vue purement formel et pour des raisons de commodité d'exposition et de maniement des documents j'ai divisé l'espace que j'avais à ma disposition et qui est étudié dans son ensemble au chapitre "conclusion", à l'aide d'un certain nombre de cartes au 1/500 000ème, en 5 zones de superficies à peu près équivalentes, et qui font l'objet d'autant de titres qui traiteront et décriront ces zones à l'aide de cartes au 1/200 000ème, localement, de cartes à plus grande échelle.

Ces titres traiteront des régions suivantes :

Titre I - Il couvrira une superficie qui intéressera les Landes, depuis le bord de la mer jusqu'à Dax. Ce titre sera très court, les terrains tertiaires sont là représentés sous un faciès marin, et je me propose d'étudier les faciès continentaux, molassiques, de ces séries. Ces faciès continentaux se développent vers l'Est, et ce titre constitue une simple marge, destinée à encadrer le travail qui fera l'objet des titres suivants.

Titre II - Ce seront les Landes au Nord de l'anticlinal d'Audignon, dont le sous-sol sera disséqué.

Titre III - La zone intéressée s'étend de Peyrehorade à Tarbes, elle comprend en particulier l'anticlinal de Lacq et la structure de Meillon. C'est dire le nombre de forages et des profils sismiques que j'aurai à analyser.

Titre IV - C'est la région qui s'étend au Nord des Petites Pyrénées, jusqu'au-delà de la structure de Bordères, et ses annexes.

.../...

Le Titre V couvre le Nord du Plantaurel, jusqu'aux affleurements stampiens de la vallée de l'Ariège, et au-delà.

Les différentes aires d'emprise de ces titres figurent, d'autre part, sur la carte au 1/500 000ème ci-jointe.

Il y aura un plan commun à chacun de ces titres :

1) Le Chapitre I sera consacré à l'étude des Bases.

2) Le Chapitre II traitera du Réseau des mailles sismiques et des sondages. Je ne décrirai pas tous les profils sismiques et toutes les diagraphies dont je me suis servi : cet ouvrage aurait dès lors des dimensions encourageantes. Je prie simplement le lecteur de croire que j'ai vu et revu, et utilisé tous ces profils et toutes ces diagraphies.

3) Le Chapitre III sera consacré à l'étude des affleurements et je rappellerai à cette occasion les travaux des chercheurs qui se sont intéressés à la région concernée. Je relierai, chaque fois qu'il sera possible, affleurements et coupes sismiques, ce qui permettra d'éclairer l'un ou l'autre domaine. Il faudra en tous cas qu'il n'y ait pas de discordances là où l'un ou l'autre mode de connaissance sera sûr de son fait.

Enfin, le Chapitre IV rassemblera les enseignements de tous ordres ainsi récoltés et les traduira dans un ensemble de cartes d'isobathes et d'isopaques de divers niveaux qui présenteront certains aspects qui pourront donner lieu à des interprétations génétiques. Les hypothèses de ce type seront franchement abordées dans les conclusions, appuyées sur les cartes d'ensemble au 1/500 000ème.

TABLE DES MATIERES

A - INTRODUCTION

B - METHODOLOGIE

C - Titre I - OUEST de l'ADOUR

D - Titre II - NORD de l'ADOUR

. Introduction

. Chapitre I - Les Bases.

. Chapitre II - La trame des profils sismiques et des sondages.

. Chapitre III - Le golfe Stampien de Mugron.

. Chapitre IV - Présentation des cartes d'isobathes et d'isopaques.

. Annexe

E - Titre III - SUD de l'ADOUR, le BEARN et la BIGORRE

. Introduction

. Chapitre I - Les Bases.

. Chapitre II - La trame des profils sismiques et des sondages.

. Chapitre III - Liaison affleurements - sismique - forages

a) de Clermont à Ste-Suzanne ;

b) la région de Lacq et de Pau ;

c) les formations molassiques d'Ossun à Tournay.

. Chapitre IV - Présentation des cartes d'isobathes et d'isopaques.

.../...

F - Titre IV - Le NORD des PETITES PYRENEES

. Introduction

. Chapitre I - Les Bases.

. Chapitre II - La trame des profils sismiques et des sondages.

. Chapitre III - Liaison avec les affleurements.

. Chapitre IV - Présentation des cartes d'isobathes et d'isopaques.

G - Titre V - NORD du PLANTAUREL

. Introduction

. Chapitre I - Les Bases.

. Chapitre II - La trame des profils sismiques et des sondages.

. Chapitre III - Liaison avec les affleurements.

. Chapitre IV - Présentation des cartes d'isobathes et d'isopaques.

H - CONCLUSION

TABLE DES PLANCHES

A - Introduction

Planche I - Carte au 1/500.000ème montrant la répartition des zones étudiées au 1/200.000ème.

METHODOLOGIE

Je suis amené à utiliser, au cours de cet ouvrage, des techniques qui paraîtront nouvelles à un certain nombre de géologues, demeurés fidèles aux traditions des anciens maîtres. La querelle des anciens et des modernes n'est jamais finie. Est-il besoin de souligner l'absolue nécessité où le géologue se trouve de tout connaître des enseignements prodigués par le prodigieux développement de la science ? Vouloir, de propos délibéré, les mépriser, ou s'en passer, est manquer de raison. Je me rangerai donc dans les rangs des modernes.

L'esprit dans lequel j'aborde ce travail est donc différent des travaux classiques ainsi que les moyens mis en oeuvre : il s'agit en effet de discerner ce qui se passe sous les immenses étendues de dépôts miopliocènes, en aval de la montagne, et de mettre en lumière l'architecture complexe de ce domaine, qui cache sous des apparences tranquilles une fausse simplicité. Il est nécessaire que je décrive d'abord les outils dont je me suis servi, et de quelle manière je les ai utilisés. C'est ce que je vais faire au cours des chapitres qui vont suivre.

J'utiliserai essentiellement quatre techniques particulières, soit :

1) Etude des diagraphies électriques et nucléaires des sondages, et des corrélations qu'il est ainsi possible de faire, de puits à puits.

2) Examen des coupes lithologiques des sondages précités, de leur microfaune, de l'aspect des cuttings et des carottes, des minéraux qu'il a été possible de caractériser.

.../...

3) Critique des coupes sismiques restituées.

4) Rattachement aux affleurements des coupures stratigraphiques obtenues grâce à l'emploi des techniques des trois paragraphes précédents. C'est là que mon travail s'articule avec les données établies par les observateurs qui m'ont précédé, mais qui n'avaient pas la possibilité de pénétrer au sein même des couches sédimentaires, ce qui m'a été rendu possible par la géophysique et les sondages.

Je vais donc décrire, dans les pages qui suivent, ces méthodes propres au géologue pétrolier, mais qui doivent évidemment faire partie de l'arsenal de celui qui se propose d'étudier la croûte terrestre, indépendamment des ressources minérales qu'elle contient.

Le premier ensemble traitera des diagraphies de corrélation, et le second de la restitution des coupes-temps, de la sismique-réflexion, c'est-à-dire de leur transformation en coupes géologiques. Je terminerai, au cours d'un appendice, par quelques notions sur les Sondages électriques et la Tellurique, techniques dont j'utiliserai les résultats, très épisodiquement.

Les exemples, qui permettraient d'illustrer mon propos, se rencontreront en abondance au cours du texte même de l'ouvrage. Je n'en donnerai évidemment aucun dans les pages qui vont suivre.

TABLE DES MATIERES

A - DIAGRAPHIES DE CORRELATION

Chapitre I : Etude des déblais et des carottes.
Chapitre II : Polarisation spontanée.
Chapitre III : Diagraphies de résistivité.
Chapitre IV : Diagraphies de radioactivité ou Diagraphies nucléaires.
Chapitre V : Logs soniques.
Chapitre VI : Diamétreur. Considérations générales.

B - NOTIONS DE RESTITUTION DE COUPES-TEMPS EN COUPES PROFONDEUR (SISMIQUE REFLEXION)

C - LE SONDAGE ELECTRIQUE

A - DIAGRAPHIES DE CORRELATION (1)

Bien des paramètres, qui caractérisent les séries géologiques que le trépan traverse, apparaissent à l'observateur qui suit des opérations de forage, et peuvent être utilisés, aux fins de comparaison avec des sondages voisins, ou avec un affleurement proche.

Les principaux paramètres physiques, je les rappelle brièvement, sont le poids sur l'outil, libéré plus ou moins en agissant sur le frein, et la vitesse de rotation. En ce qui concerne la boue de forage, ce sera l'ensemble de ses caractéristiques physico-chimiques, cette boue qui permet, entre autres propriétés, aux débris arrachés aux parois et au fond du trou, de remonter en surface. L'étude des paramètres, liés à la vie quotidienne du forage, permet de mettre en évidence les facteurs instantanés, dont la corrélation peut, évidemment, être faite avec les événements qui se produiront sur un puits voisin.

Mais il a paru qu'il serait souhaitable de caractériser les couches sédimentaires traversées par un sondage d'une autre manière : en descendant dans le trou foré un appareillage qui mesurerait les caractéristiques de ses épontes.

L'idée qui est venue naturellement à l'esprit est d'étudier la résistance opposée par les strates au passage du courant électrique. C'est le carottage électrique.

Il s'agit d'une technique mise au point, et chose plus rare, commercialisée par des Français, les frères Schlumberger, immédiatement après la guerre 1914-18.

Elaborée à l'occasion de la prospection électrique de surface de gisements miniers, elle fut employée dans les trous de sondages, pour définir la nature de leurs épontes, et eut un développement prodigieux et mérité.

(1) cf. O. SERRA "Diagraphie" Comité français de stratigraphie

.../...

Il y a deux aspects principaux dans cette technique d'approche :

1) l'un se réfère à l'étude et la définition des réservoirs et des fluides rencontrés. La technologie en est relativement complexe, et fait appel à des notions physiques en mathématiques, qui peuvent paraître d'assimilation difficile. En outre, elle est en dehors de notre propos, qui est de considérer les diagraphies comme outil de diagnose lithologique et de corrélation.

2) c'est donc cet aspect de l'étude des diagraphies que je retiendrai. Et elles présentent à cet égard un tel intérêt qu'elles permettent de tracer un cadre à l'intérieur duquel les études sédimentologiques ou paléontologiques des déblais ou des carottes de sondages viendront s'inscrire.

Les forages exécutés par les Sociétés de Recherches sont à la disposition du public, et en particulier des géologues, un an après leur exécution. Il est possible de consulter au Service de Conservation des Gisements, dont l'adresse est la suivante :

228, avenue Napoléon Bonaparte - 92. RUEIL-MALMAISON

les doumments dont le lecteur trouvera la liste ci-contre.

. Déblais de forage prélevés tous les 5 mètres.
. Echantillons de carottes.
. Lames minces effectuées sur carottes ou sur déblais.
. Diagraphies électriques, nucléaires et acoustiques.
. Log fondamental de forage.
. Carottage de vitesse sismique.
. Rapports finaux de forage.

Les diagraphies, carottages de vitesse, logs fondamentaux peuvent être envoyés sur simple demande.

Il est très clair qu'une coupe lithographique de plusieurs milliers de mètres, souvent perpendiculaire aux pendages des strates, parfaitement continue, avec échantillonnage soit par déblais, soit par carottage, et qui peut être comparée à ces diagraphies, dont nous allons entretenir le lecteur, présente un intérêt majeur pour celui qui s'intéresse à une région donnée. Et le naturaliste éprouvera autant d'intérêt à scruter les formes et les indentations d'une courbe, qui représente une certaine image des séries géologiques, qu'il peut en avoir à déterminer tel ou tel fossile caractéristique, qui lui permettra une datation convenable d'un étage. Les allures caractéristiques des courbes d'enregistrement ne permettront pas, on s'en doute, de dater les strates qu'elles caractérisent. Mais elles sont un moyen de les corréler de puits à puits. En effet, lorsque le stade simple (1), de l'explication physique

.../...

(1) L'explication approfondie de ces phénomènes fait appel à des théories souvent fort complexes. L'utilisation, toute descriptive, que je vais exposer, ne requiert pas d'aller bien loin dans ce domaine.

du phénomène qui permet d'enregistrer une diagraphie sera dépassé, il restera l'expérience et "l'oeil" de l'interprétateur, qui fait appel aux mêmes qualités de classification et d'observation, à des qualités naturalistes. Cette technique de corrélation présente plusieurs aspects qu'il faut souligner :

1) Elle est intégrante, ce qui est à la fois un avantage et un inconvénient ;

   .l'avantage est qu'il y a des mesures en tous points de la section étudiée,

   .l'inconvénient est que les caractéristiques physiques des bancs voisins réagissent sur le point de mesure, l'appareil d'enregistrement possédant une certaine longueur, il n'est pas ponctuel.

2) Elle est objective, les mesures physiques sont des faits. Leur interprétation est par contre largement entachée de subjectivités. Il en est de même pour un fossile, dont la détermination ne fait pas de doutes, mais dont la valeur de repère est sujette à controverses selon les auteurs. Des erreurs graves ont été commises par certains interprétateurs, qui, trop confiants dans la valeur de la méthode, admettaient qu'il n'y avait de vérités que dans les corrélations de diagraphie, sans contrôler par d'autres techniques la validité de leurs dires. La science et le doute contrôlé font bon ménage.

3) Les paramètres physico-chimiques d'une roche sont liés à la lithologie d'une part, mais aussi au contenu en fluide de la roche -une porosité de 30 % veut dire qu'un tiers de la roche a les caractéristiques du fluide contenu dans ses pores-. Pour corréler des couches de puits à puits, et caractériser la lithologie, ceci est gênant. Et c'est un handicap de cette technique dont les ingénieurs de réservoir se réjouissent et qu'ils utilisent pour déterminer la nature des fluides auxquels ils s'intéressent.

.../...

4) Enfin, il n'existe pas cette difficulté, connue des paléontologues qui étudient les déblais d'un puits et qui est liée aux retombées. Le trépan, en ramonant les parois du trou, lors des manoeuvres, ne cessent d'alimenter la boue de forage en "cuttings" qui appartiennent aux couches déjà traversées par le sondage. Ces déblais libèrent une microfaune, qui n'est pas caractéristique des strates que le trépan détruit à ce moment-là, ce qui peut entraîner les plus grandes confusions.

Aussi, l'apparition d'une nouvelle forme présente quelque intérêt, sa persistance pourra être mise en doute. Seule, l'étude des carottes permettra au paléontologue de donner à ses déterminations une assise solide.

Par contre, les corrélations électriques définies de puits en puits, à partir d'un sondage carotté, permettront de relier avec une bonne chance de succès, et parfois sans équivoque, les différents étages. L'isochronie n'est évidemment pas assurée si les mêmes faciès recoupent les lignes isochrones. Une mise au point d'ensemble est cependant possible, dans la plupart des cas, et il y des marqueurs qui "traversent" les faciès.

Enfin, à côté des diagraphies électriques, nucléaires, vibratoires, etc... qui sont l'objet de mesures dans le puits terminé, ou en cours de forage, il existe des diagraphies "instantanées" comme la mesure de la vitesse d'avancement du trépan, la double calcimétrie, etc... qui donnent au fur et à mesure du forage, des valeurs de paramètres que l'expérience permettra d'interpréter.

Et une synthèse harmonieuse, associant étude lithologiques et faunistiques des déblais, et études des diagraphies, permettra de découvrir quelques uns des mystères de l'histoire des sédiments, cachés par manque d'affleurement, je vais donc, au cours du premier chapitre, parler de l'étude des déblais et carottes. Les chapitres suivants, consacrés à l'explication et l'utilisation des divers types de diagraphies, illustreront l'étude des paramètres physiques, dont voici la nomenclature :

.../....

1 - La résistivité des terrains, liée à leur lithologie et à leur contenu en fluide.
2 - La radioactivité naturelle, influencée fortement par la teneur en argile de la formation.
3 - La densité qui intègre lithologie et contenu en fluide.
4 - La teneur en ions hydrogène des séries traversées.
5 - Et, enfin la vitesse de propagation des ondes sismiques.

La pendagémétrie continue le long des parois du forage, et qui a fait récemment de grands progrès grâce à l'enregistrement digital des mesures, ne présente pas de difficultés particulières. Il lui suffit de lire le tableau de pendages, donné en azimut et angle de pente, et d'en faire l'usage qui lui convient pour l'interprétation structurale des couches considérées.

Les diagraphies instantanées, dont je donnerai des exemples, seront :
1 - La vitesse d'avancement, fonction entre autres de la lithologie.
2 - La double calcimétrie, mesure chimique instantanée de la proportion en calcaire, grès et argile de la roche.

Cet exposé sera divisé en trois parties :

1) La première définira les outil s qui seront utilisés et la manière de s'en servir ;

2) La deuxième sera consacrée à des considérations générales d'emploi de cette technique ;

3) Enfin, la troisième partie donnera des exemples, empruntés à l'Aquitaine, aux séries molassiques ou paraliques du bassin subsident au Nord des Pyrénées.

Chapitre I

ETUDE DES DEBLAIS ET DES CAROTTES (1)

Le trépan, en forant à travers les séries sédimentaires, découpe la roche en minces esquilles, souvent appelées "cuttings", ou déblais.
Ces cuttings sont remontés au jour par la boue de forage, et le délai d'apparition des déblais sur le tamis vibrant qui permet de les recueillir dépend surtout de trois facteurs : la profondeur du trou, la densité de la boue qui les remonte et sa pression d'injection, et la vitesse d'avancement, liée pour une part à la nature du terrain traversé.

Quand le forage se poursuit dans les mêmes conditions : même poids sur l'outil, même vitesse de rotation et composition de la boue, le changement de la vitesse d'avancement est évidemment lié à la lithologie.

Les déblais, lorsque l'avancement est de 1 à 3 mètres à l'heure, peuvent êtreprélevés tous les 1 ou 2 mètres. Au contraire, dans les zones d'avancement rapides, soit 10 à 15 mètres à l'heure, qui se situent soit en début de forage, jusqu'à 1 000 mètres par exemple, soit lorsque le trépan traverse des couches tendres ou friables, les déblais correspondront à des épaisseurs traversées de 5 à 10 mètres.

---

(1) M. Ch. BERGER, Géologue à la S.N.P.A., a réalisé un travail considérable de recherche sur ces diagraphies instantanées. L'essentiel de ce chapitre lui appartient.

La dispersion en cours de remontée, le classement dû aux inégalités de densité ou de volume des cuttings, les arrachements provoqués sur les parois du trou déjà foré par le frottement des tiges de forage, et d'autres facteurs, font que la courbe lithologique établie à l'aide des déblais peut présenter des imprécisions, ou même de lourdes erreurs : par exemple, le ciment, présent dans les déblais à la suite de la pose et de la cimentation d'une colonne dans le puits, peut être confondu avec du calcaire crayeux. De sorte que les carottes seront des jalons précieux à sûrs, les renseignements obtenus grâce aux cuttings exigeront par contre une analyse critique serrée.

En particulier, la contamination toujours possible des retombées, c'est-à-dire d'éléments de parois du trou provenant de zones déjà forées, constitue un handicap sérieux ; une apparition d'un faciès nouveau sera caractéristique, sa persistance ou sa réapparition posera une question. J'ai déjà attiré l'attention sur ce problème fondamental.

Des diagraphies sont obtenues en cours de forage, et celles qui intéressent la lithologie sont liées à la vitesse d'avancement ou au contenu en carbonate de chaux des cuttings débourbés et non débourbés.

1°/ - Vitesse d'avancement

Deux éléments interviennent :

a) Facteurs techniques : ce sont les paramètres de forage, et la nature de l'outil. Parmi les premiers, il faut signaler : le débit des pompes, le poids sur l'outil et la vitesse de rotation. Ce sont des facteurs correctifs, dont il faudra tenir compte.

b) Facteurs géologiques. mais la courbe d'avancement d'un forage est déterminée, avant tout, par la lithologie des couches traversées. Elle augmentera avec le manque de cohésion présenté par celles-ci et diminura avec leur dureté. L'homogénéité de la série est également un facteur important et caractéristique de la courbe d'avancement.

2°/ - La calcilog. Une seule courbe de calcimétrie, obtenue à partir des déblais "débourbés", est insuffisante. En effet, les éléments argileux ou crayeux, réduits à l'état de pâte par l'effet simultané du trépan et de la boue, ne seront pas pris en compte. Il faut faire deux mesures, l'une sur l'échantillon brut, l'autre sur l'échantillon lavé.

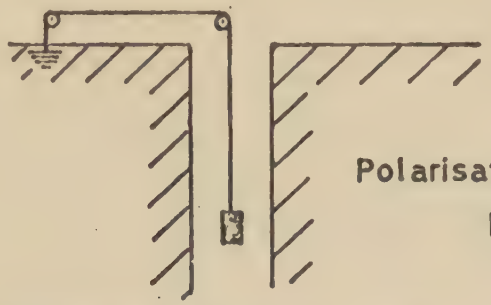
.../...

D'où la définition d'un écart, positif ou négatif, qui permet d'avoir une définition lithologique correcte des séries traversées.

POLARISATION SPONTANEE (.P.S.)

Cette diagraphie doit être enregistrée dans le trou non tubé.

Une électrode est fixée une fois pour toute dans le sol, près du puits. Une autre électrode est descendue dans le puits même, et les différences de potentiel spontanées qui apparaissent entre ces deux électrodes sont enregistrées sur un film qui se déroule au fur et à mesure de la descente de l'électrode mobile, le long des parois de sondage (fig. 1).



Polarisation spontanée
Fig. 1

Les courants qui engendrent ces différences de potentiel sont produits par des phénomènes électrochimiques liés aux contacts de la boue, de l'eau contenue dans les strates sédimentaires et du cake ou enduit de boue plus ou moins solidifié qui recouvre les parois du trou au fur et à mesure de la descente de l'outil.

Ces différents phénomènes sont extrêment complexes et il est inutile d'examiner dans le détail les phénomènes qui se produisent. Cependant, il est possible de donner quelques indications que l'expérience a consacrées :

- une strate de 3 à 5 mètres d'épaisseur marque sur la diagraphie.
- les couches minces sont invisibles.
- la présence d'argile dans les strates sédimentaires traversées diminue l'amplitude de la courbe. Le calcaire ou le grès l'augmente.
- plus le diamètre du sondage est important et moins la courbe réagit aux variations lithologiques.
- la salinité de l'eau contenue dans la roche diminue l'amplitude de la courbe, qui peut même s'inverser complètement sil'eau est très salée.

Bien des facteurs, sur lesquels je ne m'étendrai pas, peuvent perturber, parfois d'une manière grave, l'enregistrement. Une bonne corrélation de la P.S. et de la diagraphie gamma ray, dont nous parlons plus loin, indique que l'enregistrement de la courbe s'est fait dans de bonnes conditions.

Les argiles donnent une ligne de base qui servira de référence pour les autres strates (voir fig. 4).

La P.9 se mesure en millivolts, elle est l'expression de la lecture qui èst faite directement sur le volt mètres de la figure 2 . L'unité couramment utilisée est 20 millivolts, à laquelle correspond communément l'écartement des traits verticaux qui figurent dans les enregistrements.

En fait, cette mesure est souvent inexpressive, dans les puits profonds, tant que le diamètres du trou n'a pas été retréci par la pose de tubages sucessifs.

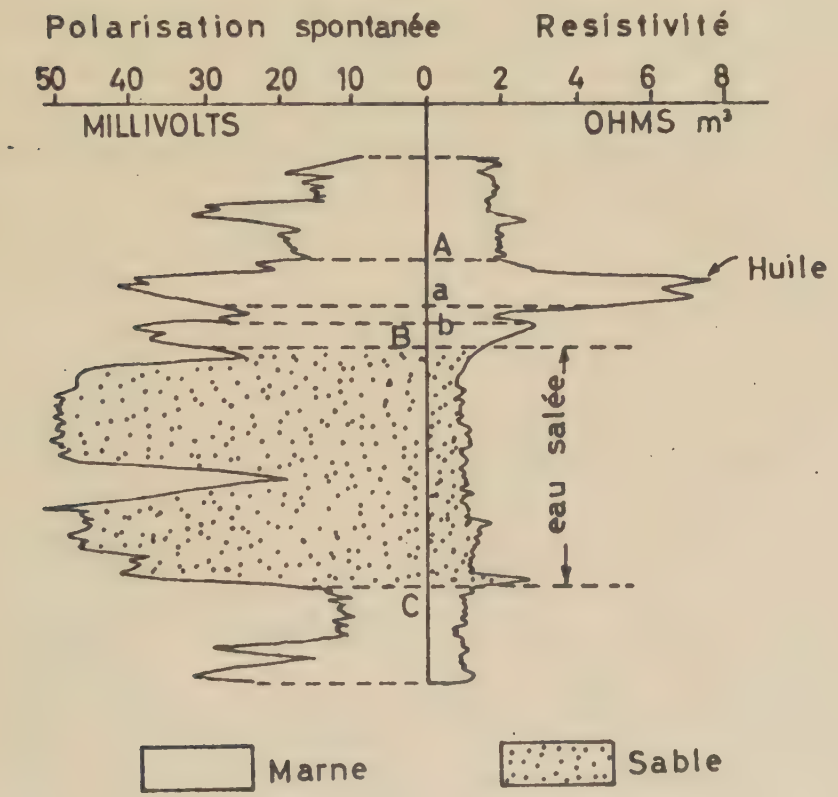


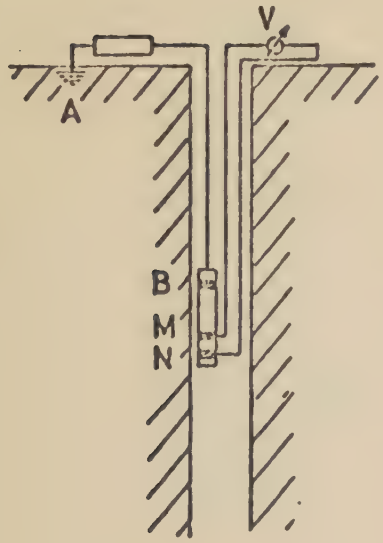
Fig. 2

CHAPITRE III

DIAGRAPHIES DE RESISTIVITE

Ces diagraphies doivent être effectuées dans le trou non tubé.
Nous ne décrirons ici que le carottage électrique, le latérolog et l'inductolog. Les autres procédés utilisés servent surtout à étudier les fluides contenus dans les roches encaissantes et leurs qualité de réservoir, ce qui est en dehors de notre propos.

La courbe de carottage électrique s'obtient en faisant descendre deux électrodes dans le sondage dont la boue doit être conductrice, mais cette fois-ci un courant continu est envoyé dans le terrain par le premier couple d'électrode, et recueilli par le second couple. La différence de potentiel entre les électrodes, variables en fonction de la résistivité des terrains devant lesquels elles défilent, est enregistrée comme pour la P.S. sur un film qui se déroule au fur et à mesure de la descente des électrodes (fig. 3).



Sonde de carottage électrique
Fig. 3

Un courant continu est envoyé dans le terrain par le couple d'électrodes A.B
Le couple M N recueille le courant produit qui passe de M à N à travers les parois du sondage , ce courant est analysé par le voltmètre V .

Le volume de terrains qui impressionne la mesure sera de l'ordre du mètre cube, ou davantage.

On distingue plusieurs types de carottage électrique, selon la disposition relative des électrodes de mesure et d'envoi de courants, leur distance respective etc. Nous aurons ainsi la petite normale, la grande normale et l'inverse.

Le latérolog procède du même phénomène mais l'appareillage permet une définition plus précise et plus fine du détail des couches sédimentaires étudiées. Le courant, qui est focalisé, pénètre plus profondément dans le terrain. L'exploration de celui-ci est donc meilleure et permet de mieux distinguer les bancs. Le microlog et ses dérivés est plus spécialement destiné au "reproducteur".

L'inductolog utilise, comme son nom l'indique, les propriétés des courants induits. Il permet une bonne définition des séries gréso-argileuses. Les mesures effectuées dans le trou au niveau d'un horizon donné sont beaucoup moins affectées par les bancs environnants, la méthode est moins intégrante en volume, plus directionnelle que les autres techniques électriques.

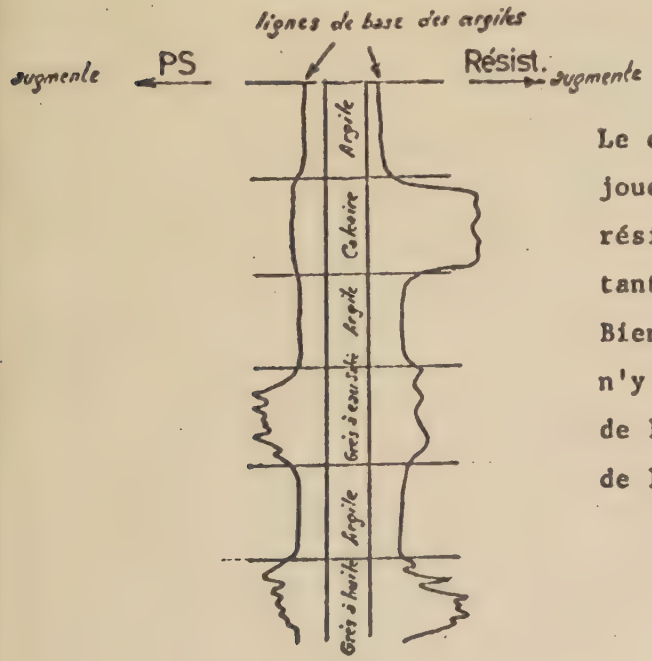
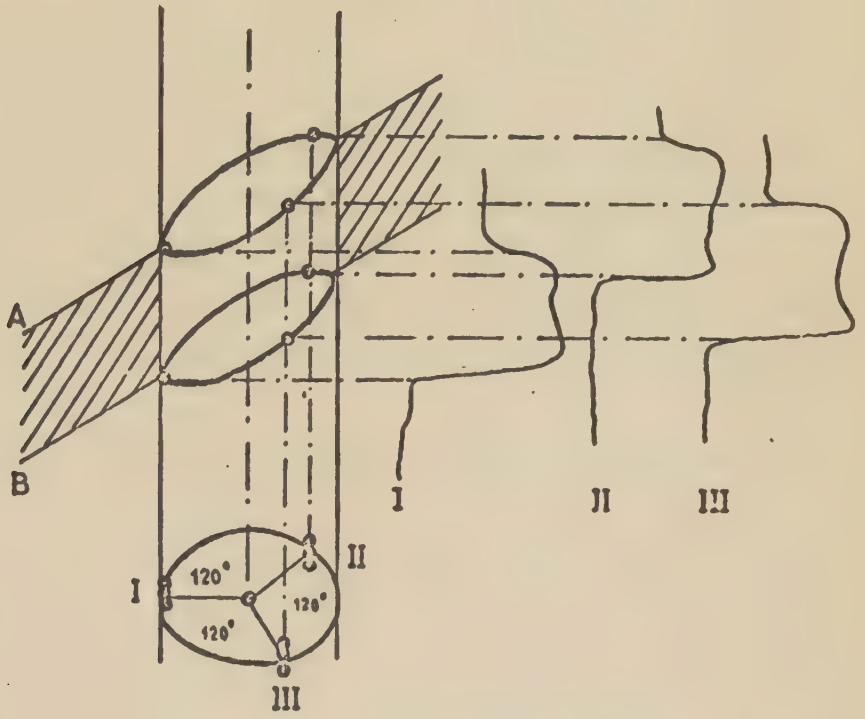


Fig. 4

Le contenu en fluide, lorsque la roche est poreuse joue un grand role. Un grès peut se montrer à peine résistant s'il contient de l'eau salée, et très résistant s'il est saturé d'huile ou d'eau douce. (fig. 2) Bien que la P.S. indique les zones perméables, il n'y a aucune relation directe entre l'amplitude de la déflection et la porosité ou perméabilité de la couche.

Les courbes de résistivité seront utilisées pour définir les pendages des couches. Il suffira de cercler pointe à pointe les courbes prélevées sur les parois du tion, de 120 en 120° (fig. 5). Actuellement, ces mesures sont digitalisées, et les corrélations obtenues par des techniques de cross corrélation, à l'aide d'ordinateurs. Et l'étude des résultants se prête à l'examen de structure par les méthodes les plus modernes (J. HENRY et RUHLAND).



Fonctionnement schématique du pendagemètre

Fig. 5

CHAPITRE IV

DIAGRAPHIES DE RADIOACTIVITE OU DIAGRAPHIES NUCLEAIRES

Elles peuvent être effectuées derrière tubage.

Nous allons décrire sucessivement le gamma ray, le neutron et le densilog ou gamma gamma.

1 - La courbe de gamma ray est obtenue en faisant défiler un détecteur de rayons gamma le long des parois du trou et en dressant la courbe de son niveau d'énergie en fonction de la profondeur. Il est ainsi loisible d'avoir une idée de la proportion d'éléments radioactifs qui existent dans les terrains traversés. Les grès et les calcaires ont le plus souvent un niveau bas de radioactivité, au contraire des argiles.

Il s'agit donc d'une mesure de la radioactivité naturelle. Ces rayons sont, rappelons-le, des ondes électro-magnétiques à très haute énergie émises par les noyaux des atomes.

Dans les diagraphies, l'unité utilisés est le microgramme de "radium équivalent" par tonne de formation.

Il suffit de savoir que la radioactivité augmente, sur les diagrammes Schlumberger, de la gauche vers la droite.

Des compteurs Geiger, ou des compteurs à scintillation, font une lecture moyenne pendant un intervalle de temps appelé constante de temps.

Les argiles donneront sur le gamma ray des déflections vers la droite car elles sont radioactives. Les sables, grès, calcaires, des déflections vers la gauche.

Dans une série argile sableuse, il y aura souvent ressemblance entre les courbes de PS et de radioactivité.

2 - La courbe de neutron est obtenue en descendant dans le puits une source de neutrons et en étudiant le niveau d'énergie d'un récepteur placé à une distance fixe de la source, l'ensemble étant lié. La courbe, qui est ainsi obtenu, est avant tout directement influencée par la quantité d'ions hydrogène présents dans la formation, donc par les fluides

contenus dans celle-ci.

Rappelons qu'un neutron est une particule électriquement neutre. Et ces neutrons, émis par la source, vont à grande vitesse (10 000 km/sec.) Leur masse étant celle de l'hydrogène à peu près, ils seront ralentis, et perdront de l'énergie par collision avec les atomes d'hydrogène, cependant que les autres atomes, beaucoup plus lourds, leur feront perdre peu d'énergie. La mesure neutron sera faite en impulsions/seconde allant par exemple de 200 à 500, la croissance du chiffre mesuré se fait aussi de gauche à droite.

Les argiles donneront des déflections vers la gauche, ainsi que les zones compactes. Les terrains poreux et perméables des déflections vers la droite.

Les courbes gamma et neutron peuvent être corrélées de puits à puits (fig. 6) est possible de les comparer aux diagraphies électriques. Ces courbes peuvent constituer d'excellents outils de corrélation et d'étude lithologique à travers un bassin, et elles peuvent être obtenues dans les puits déjà équipés de casings, ce qui permet de reprendre d'anciens sondages sur lesquels on ne possède que des indications insuffisantes.

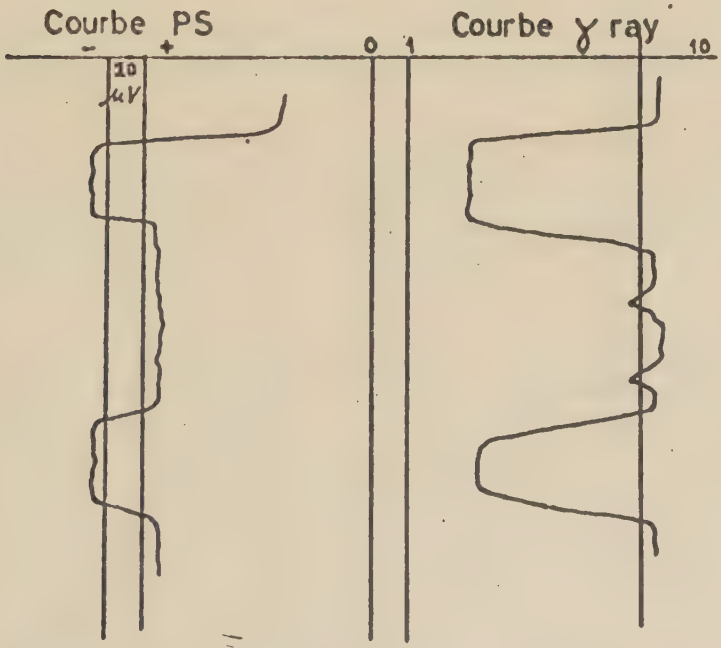


Fig. 6

Exemple de corrélation PS. courbe γ ray
les couches poreuses se montrent les moins radioactives

Le tableau suivant montre comment réagissent, en gros, les diverses strates en fonction de leur lithologie et de la diagraphie qui les analyse :

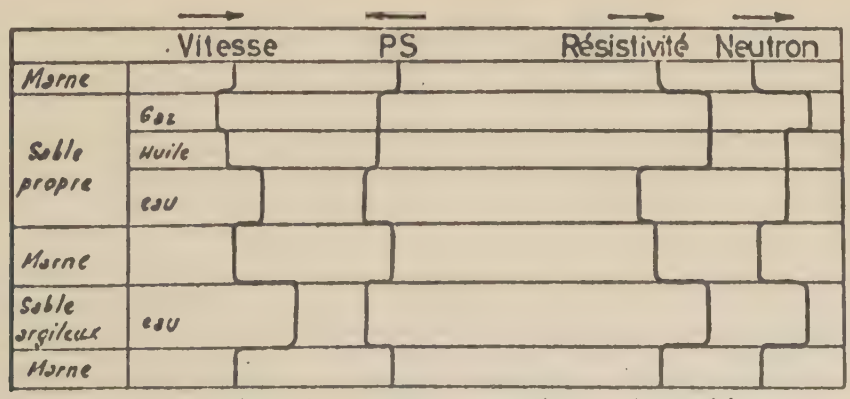
GAMMA RAY →	NEUTRON →	← P.S.	RESISTIVITE →
Le sable marque une diminution par rapport à l'argile. De même, le calcaire, l'anhydrite, les poudingues.	Les zones poreuses montreront un accroissement, une déflection vers la droite.	Les zones poreuses ou perméables montreront une déflection vers la gauche. Les argiles donneront vers la droite une ligne de référence ou ligne de base	Les argiles imperméables auront une résistivité minimum. Les grès, sables, calcaires montreront des déflections vers la droite, s'ils ne contiennent pas d'eau salée.

Les flèches ——→ vont dans le sens de l'accroissement de la mesure physique concernée, telle qu'elle est communément présentée par l'opération sur les diagraphies concernées.

La fig. 7 montre un exemple schématique, dans le Tertiaire de Louisiane.

3 - Le densilog, ou courbe gamme gamme, permet de se faire une idée de la densité "in situ" des terrains. Et par conséquent, d'apprécier leur porosité. Il faut que cette diagraphie comme la plupart des autres, soit étalonnée sur des carottes prélevées au droit de niveaux intéressants.

Son principe est le suivant : elle comprend un émetteur et un récepteur de rayons gamma. Plus la matière en face duquel est l'émetteur gamme est dense, plus les collisions électrons-rayons sont nembreuses, moins le rayonnement émis est considérable.



Diagraphie idéalisée d'une section de sable et d'argile miocènes . Louisiane .

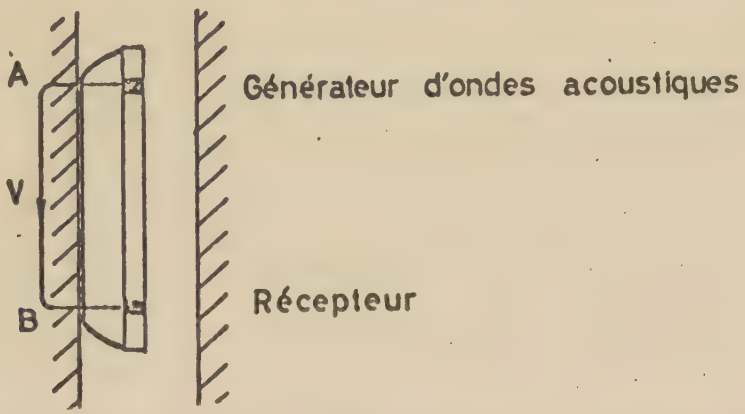
Fig. 7

CHAPITRE V

LOGS SONIQUES

Un ébranlement acoustique, qui affecte les parois du trou, est recueilli par un géophone fixé à distance constante, le long d'un appareillage qui balai les parois du sondage. Une courbe est enregistrée en surface et montre, en fonction de la profondeur, les variations continues de vitesse de l'onde sonore (fig. 8).

Fig. 8



Cette diagraphie, qui peut être utilisée comme toute autre à des fins de corrélation, va présenter un intérêt tout spécial pour l'interprétation des résultats obtenus par la méthode sismique de prospection. Le coefficient de réflexion d'une strate est lié à la vitesse de propagation de l'onde vibratoire en son sein.

L'étalonnage de la courbe se fait par comparaison avec un carottage sismique, obtenu en faisant descendre un sismographe dans le trou, et mesurant les temps que met une onde sismique, provoquée par une explosion en surface, à atteindre le sismographe.

Le corps de la sonde, entre émetteur et récepteur, sera construit avec un matériau de faible vitesse qui servira de palier zéro. La vitesse dans les couches affleurant dans les parois du puits devra être toujours supérieure à cette vitesse de base.

La diagraphie est graduée en temps de parcours, soit en microsecondes(1) par pieds, inverse de la vitesse de propagation des ondes vibratoires. Ce temps varie de 40 pour les roches dures, rapides, calcaire et domolie, à 180 pour les argiles. Il sera d'autant plus élevé que la roche sera plus " lente". Le sens d'accroissement est de la droite vers la gauche, sur les diagrammes.

(1) - une microseconde est une millionième de seconde.

CHAPITRE VI

DIAMETREUR

Il est souvent intéressant de connaître avec précision le dimaètre du trou, en fonction de sa profondeur : les terrains meubles, les poudingues formeront des cavités, cependant que les grès durs et les calcaires donneront, sous l'action du trépan, des sections parfaitement cylindriques et régulières. D'autre part, l'interprétation des diagraphies exige, en général, que soient connues les variations de largeur du trou qui conditionnent en partie les liaisons boue de forage-lithologie des parois. Le diamétreur se composera de patins qui s'appuient à force contre les parois du trou et les variations d'écartement de ces patins sont enregistrées au sol lorsque l'appareillage parcourt le trou (fig. 9).

Fig. 9

Schéma d'un diamétreur : Trois lames de ressort s'appuient contre les parois du trou .
Les déformations qu'elles subissent donnent lieu à création d'un courant électrique qui est enregistré .

CONSIDERATIONS GENERALES

Rappelons les différents paramètres qui peuvent être évalués grâce aux diagraphies :

1 - Lithologie
2 - Type de sédimentation et conditions de dépôt
3 - Cycles sédimentaires, leur nombre, leur allure.

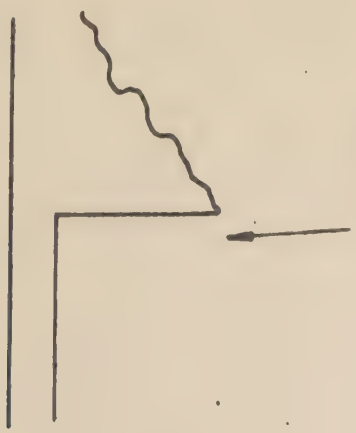
Il y a évidemment intérêt à étudier de près les zones où la courbe d'enregistrement, quelle qu'elle soit, subit des déflexions soit progressives, soit abruptes.

Une déflexion abrupte correspond à un changement lithologique sans transition.

Une déflexion graduelle correspondra, dans le cas d'un passage sable-argile, à une variation progressive de ce rapport.

L'expérience de l'observateur et la connaissance qu'il possède du bassin étudié peuvent être des guides précieux de l'interprétation.

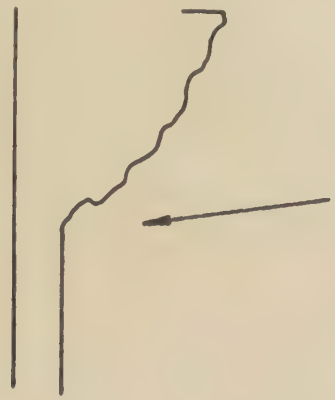
L'apparition d'une zone détritique très grossière, suivie de dépôts plus fins, qui peut marquer une transgression "classique", apparaîtra sur les diagraphies de résistivité avec une allure de démarrage brutal, suivie d'un retour ménagé à la ligne de base.



Sable devenant argileux,
conglomérat,
transgression

.../...

De même, l'allure inverse de la courbe de résistivité pourra être l'indice d'un faciès régressif. Nous en verrons des exemples en ce qui concerne les diagraphies caractéristiques des sables de Lussagnet.



La régression commence

Les cycles sédimentaires peuvent apparaître avec la plus grande netteté et l'image électrique reflète avec précision la sédimentologie.

Les discordances, même lorsqu'elles mettent en contact des termes argileux, peuvent apparaître nettement : la composition intime des argiles s'est modifiée et la ligne de base n'est plus la même. Je rappellerai comment l'on obtient pratiquement cette ligne de base ; il suffit de prendre une règle et de tirer un trait bien vertical, tangent à la ligne des argiles, ou se confondant avec elle.

A une certaine cote, la courbe enregistrée se détachera de cette droite, dans un sens ou dans l'autre. L'attention sera dès lors attirée vers cette zone, qui est le siège d'une modification de la sédimentation argileuse : eau occluse de salinité différente, présence d'oligo-éléments nouveaux, etc...

Cette ligne de base des argiles pourra être définie, et étudiée sur différents types de diagraphie : le Gamma Ray, les logs de résistivité ou de P.S. le Sonic.

.../...

Les pics de radioactivité isolés doivent être mis en évidence : ils peuvent être l'indice, à un niveau donné, d'une concentration organique, liée à une zone de remaniement, nodules phosphatés, indice d'un événement à caractère catastrophique, ou d'une condensation importante des séries stratigraphiques.

Le log sonique, très différencié, est un outil intéressant : les séries moins compactées montreront une augmentation sensible de la vitesse avec la profondeur, le poids des terrains jouera à plein. Par contre, les couches qui ont déjà subi des répartitions de contrainte dues à des événements tectoniques, exposeront une ligne moyenne de Souic presque verticale.

Ce trait pourra servir à délimiter des ensembles stratigraphiques distincts.

Enfin, une bonne connaissance d'un certain nombre de critères liés pourra parfois permettre de dessiner et de suivre des lignes isochrones, au travers de variations de faciès. Ce qui peut se révéler impossible par toute autre technique.

En définitive, il est bien difficile de donner un guide ferme, des rails qu'il suffit de suivre.

Chaque problème sera envisagé dans son contexte et le diagraphiste devra utiliser à plein l'apport des sciences naturelles proprement dites. Avancer dans la connaissance est toujours le fait du borgne qui forme équipe avec le bancal. Et cette technique de la diagraphie de corrélation, comme bien d'autres, sera efficace à condition de montrer une longue patience et d'acquérir l'expérience que donne l'étude de nombreux cas de figures, souvent éloignés de l'image théorique. Là, comme ailleurs, il faut non seulement connaître, mais souvent deviner, et deviner juste.

B. NOTIONS DE RESTITUTION DE COUPE TEMPS EN COUPE PROFONDEUR (SISMIQUE-REFLEXION)

Il n'est pas question, dans les pages qui vont suivre, de donner un cours de sismique-réflexion. Grâce aux sommes énormes mises en jeu par la recherche des Hydrocarbures, les progrès de cette technique sont constants et remarquables. Et ces progrès ont pour but d'améliorer sans cesse la qualité de la coupe-temps, qui est obtenue en traçant, à une certaine échelle, le profil de mesures en abscisse, et le temps de réponse des miroirs en ordonnées. Il conviendra de faire disparaître tous les phénomènes parasites, de manière à ce que l'on en vienne à disposer d'un schéma structural excellent, sur lequel il deviendra même possible de greffer des indications lithologiques de plus en plus précises.

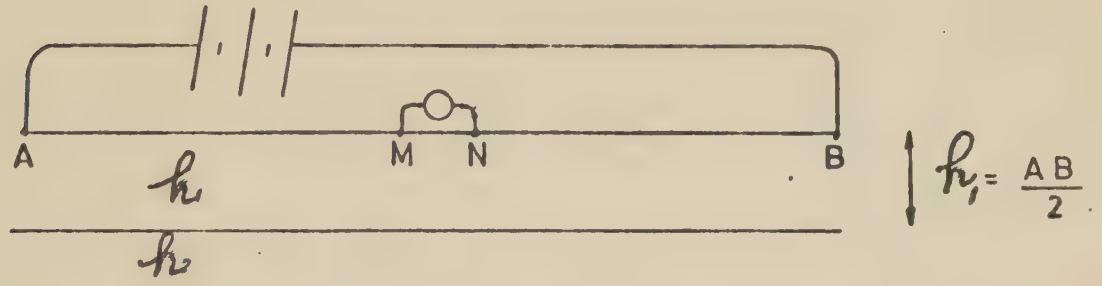
Je vais donc supposer que ce document : la coupe-temps, est tenu pour acquis, et je donnerai quelques indications sur les procédés simples qui sont utilisés pour le transformer en coupe profondeur, c'est-à-dire en une coupe géologique en vraie grandeur, où l'interprétateur, c'est-à-dire le géologue vient relayer le géophysicien.

Les pages qui suivent sont dues, pour une bonne part, à Monsieur G. HENRY, Chef Géophysicien de la SNPA, que je remercie.

C . LE SONDAGE ELECTRIQUE ET LA METHODE TELLURIQUE

A - Le sondage électrique est encore largement utilisé pour des études qui n'exigent pas une profondeur de pénétration importante. Son avantage est la simplicité de sa mise en oeuvre, et son coût peu élevé.

La technique française, mise au point par les frères SCHLUMBERGER, consiste à disposer sur le sol 4 électrodes impolarisables, A et B sont les électrodes d'envoi de courant, M et N, très rapprochées et placées au milieu de l'espace AB, les électrodes de mesure.



Les électrodes A et B sont écartées l'une de l'autre, et les mesures effectuées concurremment en MN, le courant envoyé de A vers B est constant. Il est possible de démontrer que la profondeur de pénétration des lignes de courant, dans le sous-sol, atteint $\frac{AB}{2}$. Si donc le sous-sol se compose de deux couches de terrain homogène, l'une de résistivité ρ_1, reposant à une profondeur h_1 sur un terrain de résistivité ρ_2, l'influence du terrain ρ_2 se fera sentir sur les mesures en MN lorsque la distance AB aura atteint et dépassé $2h_1$. Tout un jeu d'abaques, calculés à l'avance, correspondent à une série quelconque de couches planes et homogènes superposées, d'épaisseur h_1, h_2 ... h_n, et de résistivité ρ_1, ρ_2 ... ρ_n.

.../...

ssion S.N.P.A. 1024

tio

S.E. 103

Forage

erprétation :

Azimut de ~~AB~~ MN 42 6 E

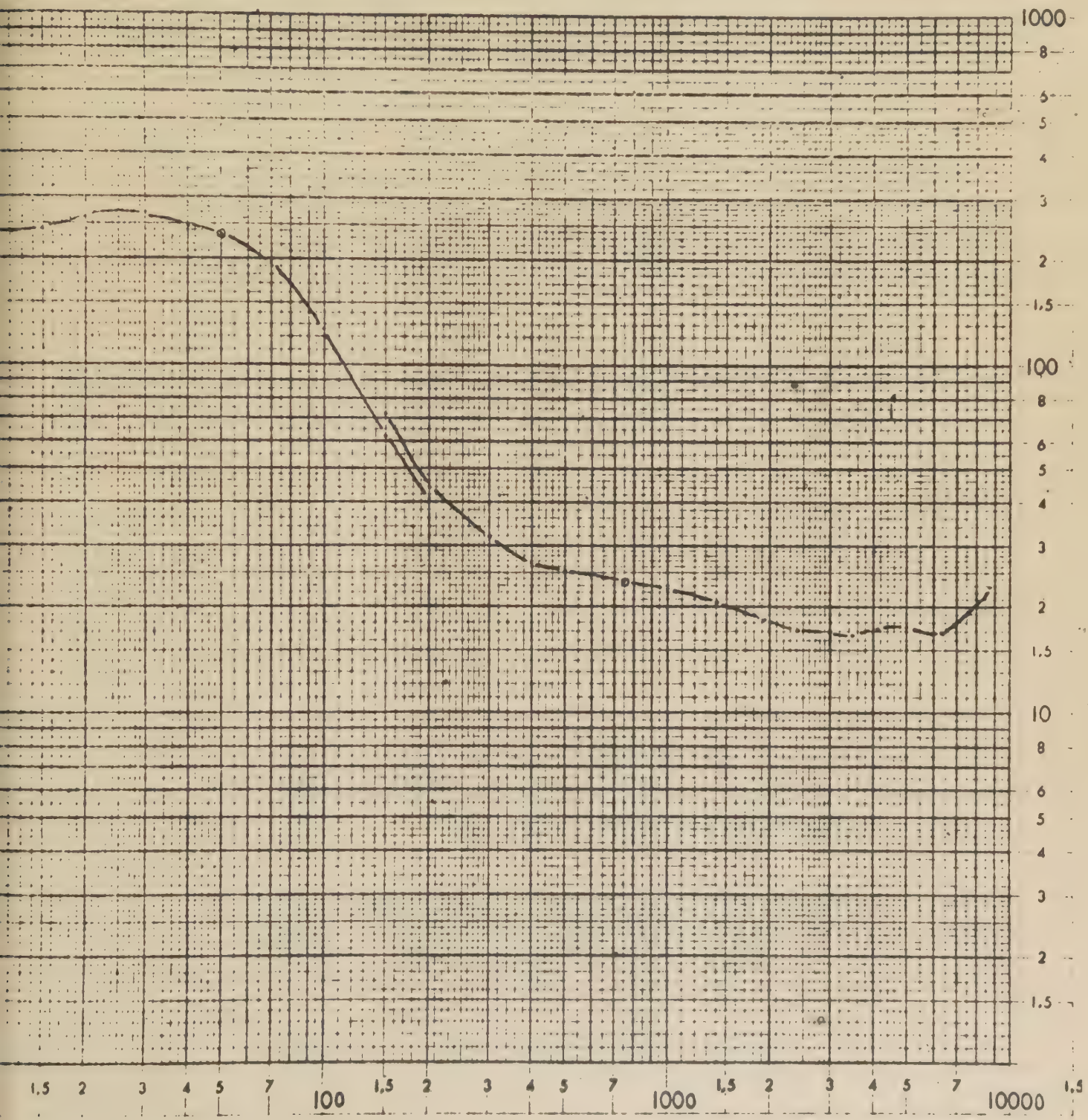
Cote de surface 132

X : 6 98 28

Y : 48 17 48

3600 E, = 4 %

oupe des terrains



Ces abaques, aussi bien que les sondages expérimentaux, sont établis sur des échelles bilogarithmiques, et les variables sont, non pas les valeurs ρ et h, mais les rapports :

$$\frac{\rho_2}{\rho_1}, \frac{\rho_3}{\rho_2} \quad \text{et} \quad \frac{h_1}{L}, \frac{h_2}{h_1} \quad \text{etc.}$$

avec : $L = \frac{AB}{2}$

Quand on écarte A et B, il arrive un moment où, pour des raisons de sensibilité, il faut écarter également un peu M de N, les électrodes de mesure sont en M'N', et l'on observe sur les sondages expérimentaux un léger décalage dû à ce qu'il existe certaines irrégularités au voisinage des électrodes.

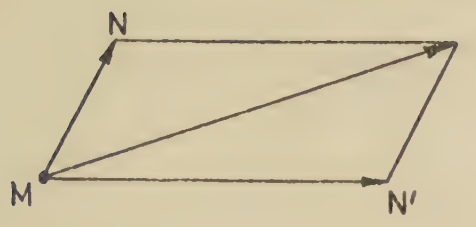
Le sondage 103, effectué dans le Bassin d'Arzacq, est un exemple qui admet une interprétation à trois terrains :

- 1er terrain à 25-30 ohms Molasse
- 2ème terrain à 5-6 ohms - Ce sont les Marnes du Lutétien et de l'Eocène inférieur.
- 3ème terrain, résistant, le Crétacé supérieur. Il est possible de voir en effet sur la courbe tout à fait à droite une remontée vers une valeur supérieure de résistivité.

B - La méthode tellurique suppose qu'il existe une distance infinie entre les électrodes A et B puisque l'on utilise les courants naturels qui se propagent dans l'écorce et sont liés au magnétisme terrestre.

De façon à connaître leur direction, aussi bien que leur intensité, il conviendra de disposer deux lignes électriques sur le sol possédant un sommet commun

.../...



Il suffira de composer, au même moment, les vecteurs exprimant les différences de potentiel enregistrés selon les lignes MN et MN'.

Comme il n'est pas question de mesurer la valeur absolue du courant tellurique, mais simplement de savoir s'il est plus fort en un point ou en un autre point de la surface du périmètre à étudier, la mesure sera effectuée simultanément aux deux points considérés et sera ensuite comparée.

Le lecteur comprend dès lors l'intérêt qu'il y a d'avoir une base fixe, et une station mobile, qui battra avec une densité choisie toute une zone entourant la base.

Il faut dire que l'intensité du courant tellurique en un point donné, sa direction, se modifient sans arrêt en fonction du temps.

Il viendra donc naturellement à l'idée de supposer qu'à la station sa valeur sera fixée à l'unité, et son azimut variant, l'extrémité du vecteur tellurique à la station décrira un cercle.

Cependant qu'à la station mobile, et compte tenu du fait que les lois d'ohm sont linéaires, l'extrémité du vecteur tellurique comparé décrira une ellipse.

Il a paru commode de caractériser l'intensité du champ tellurique par la superficie de l'ellipse, et le résistant sera d'autant plus près de la surface que l'aire de l'ellipse sera plus grande.

En Aquitaine, pour un problème à trois terrains : Molasse, Eocène marin et Crétacé supérieur calcaire, il a été possible d'avoir une bonne définition du toit du Crétacé, pour une image d'ensemble au 1/200.000ème et jusqu'à des profondeurs de 600 à 1500 mètres.

VI - LA MESURE DES VITESSES

Pour passer des documents-temps obtenus (coupes-temps, isochrones) aux documents-profondeur directement utilisables par le géologue, (coupes-profondeur, isobathes) il nous faut connaître les vitesses puisqu'on a toujours :

Profondeur = Vitesse x Temps

Il existe différents moyens de les mesurer :

a) - Sismo-sondage (ou carottage sismique) (fig. 10 a)

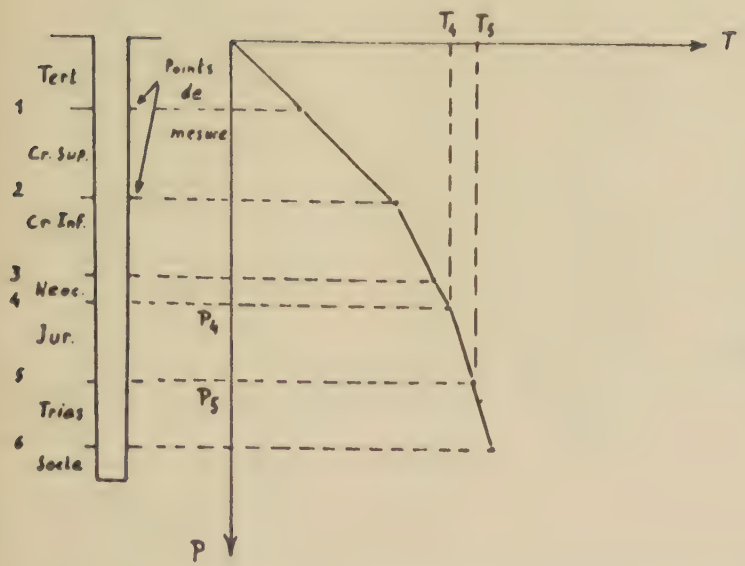
Nous l'avons vu au chapitre précédent : en divisant la profondeur par le temps mesuré, on obtient évidemment la vitesse moyenne. En réalité, on trace la courbe T = f (P) : la pente de chaque segment de droite correspond à la vitesse de l'intervalle considéré.

b) - Log continu de vitesse (Sonic ou CVL) (fig. 10 b)

On descend dans le puits un outil comportant essentiellement un émetteur et un récepteur et qui mesure de façon continue la vitesse des formations traversées sur un intervalle de 0,3 à 1 m. On obtient donc une courbe de vitesse d'intervalle, mais l'intervalle étant ici très faible, on l'appelle vitesse instantanée : comme elle représente toujours la pente de la courbe T = f (P), il faudra l'intégrer pour obtenir cette dernière.

La figure 11 montre comment il a paru convenable de choisir la loi V = 2 000 + 2 P pour représenter la loi de vitesses dans la région des sondages de Losse et de Lacquy, près de Mont-de-Marsan.

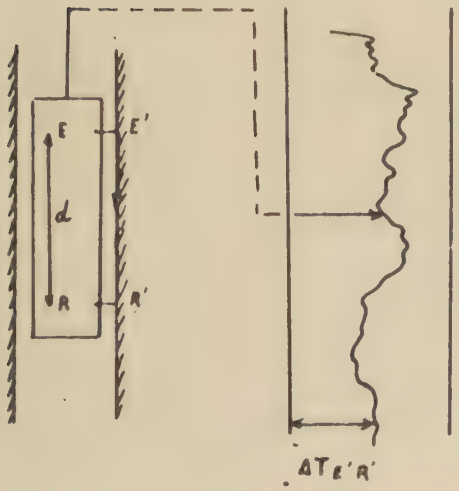
Sismo - Sondage ⓐ



Vitesse moyenne : Surf Toit Jurassique $\Big\}$ $V_m = \frac{P_4}{T_4}$

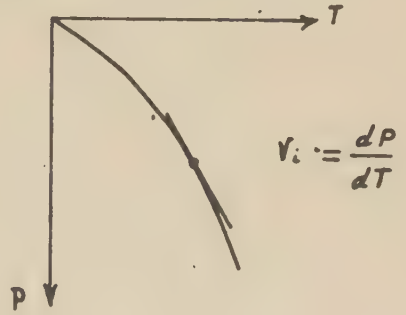
Vitesse d'intervalle du Jurassique $\Big\}$ $V_{in.} = \frac{P_5 - P_4}{T_5 - T_4}$

Carottage continu de vitesse ⓑ



Vitesse sur E'R' ou vitesse instantanée $\approx \frac{d}{\Delta T_{E'R'}}$

$\Delta T_{E'R'} = \Delta t_{ER}$ - Correct. EE', RR'



$V_i = \frac{dP}{dT}$

Méthode des ΔT ⓒ

$V_m^2 = \frac{X^2}{2\,T_0\,\Delta T}$

FIG. 10

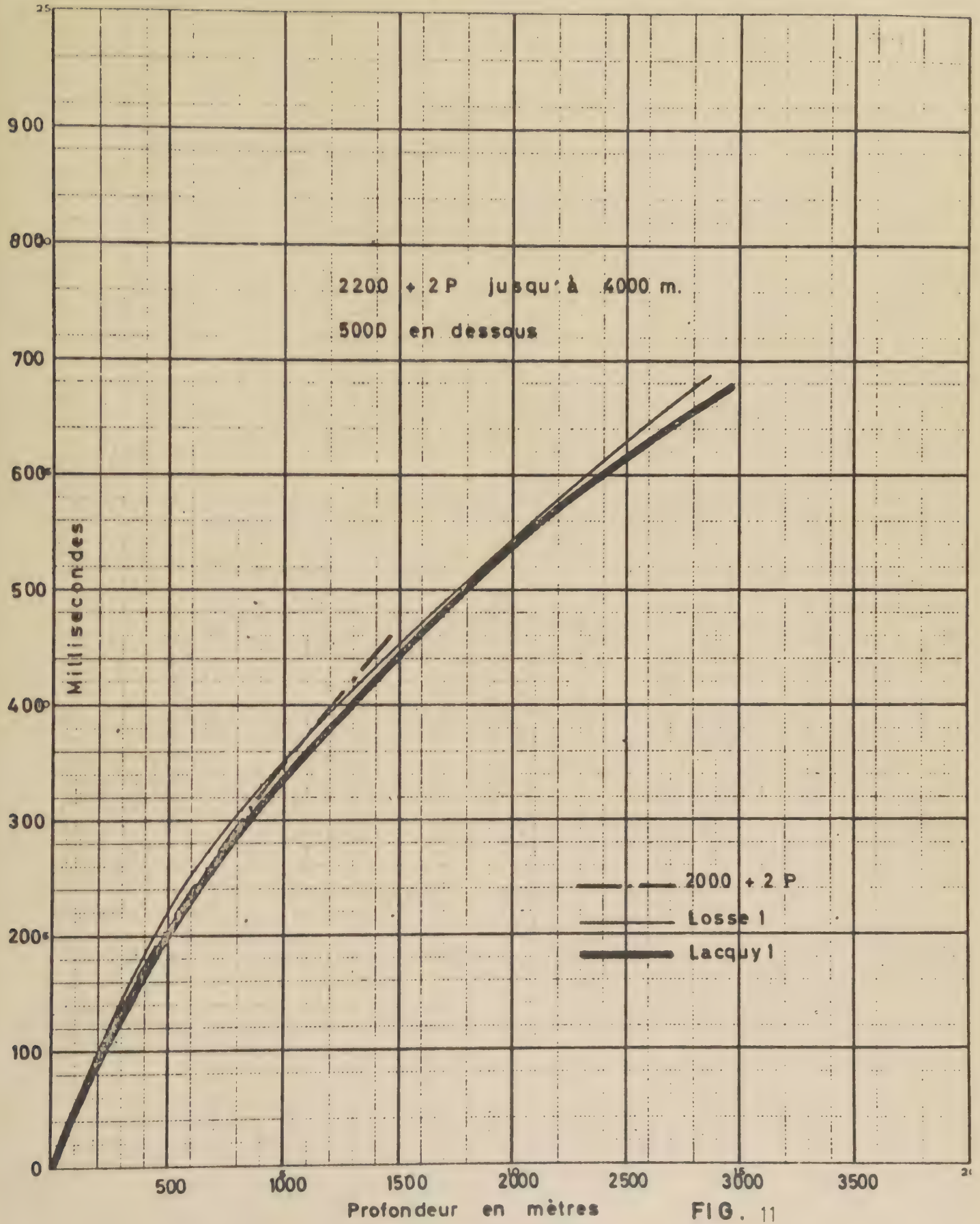

900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
Millisecondes
2200 + 2 P jusqu'à 4000 m.
5000 en dessous
2000 + 2 P
Losse 1
Lacquy 1
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
Profondeur en mètres

FIG. 11

c) - Mesures basées sur les ΔT (fig. 10 c)

Quand il n'existe pas de sondage, on essaie de déduire les vitesses de l'étude des films, On a vu, en effet, à l'occasion des corrections dynamiques que :

$$\Delta T = \frac{x^2}{2 V_o^2 T_o}$$

Donc, si l'on mesure ΔT sur les films, on peut déduire V_o. Mais ΔT étant faible, l'erreur sur V_o est grande. Aussi emploie-t-on deux procédés :

- On tire un dispositif particulièrement long dans une zone sans pendage, pour pouvoir lire un ΔT plus grand :

  C'est le principe des tirs vitesses.

- On lit, sur les meilleures portions de profil, tous les ΔT possibles et on en fait la statistique : c'est la statistique ΔT

Par l'une ou l'autre de ces méthodes, on obtient une courbe des temps ou des vitesses en fonction de la profondeur. On constate généralement que les vitesses croissent avec la profondeur.

Voici, à titre d'exemple, quelques valeurs usuelles de vitesses en m/s.

Argile	900 à 4 800	Calcaire	3 000 à 7 000
Grès	3 000 à 5 500	Socle	6 000 environ

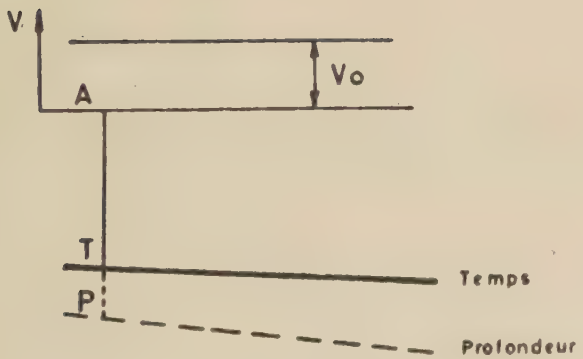
VII - LES COUPES-PROFONDEUR

1°) - Vitesses moyennes constantes

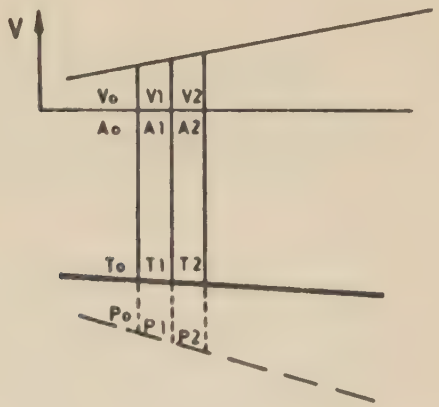
Nous possédons maintenant les courbes de temps et de vitesse ; nous pouvons passer aux profondeurs.

a) - Zone à pendages faibles (fig. 12)

La coupe-profondeur s'obtient simplement en multipliant les temps d'un horizon par la vitesse moyenne DP - horizon. Si cette vitesse varie le long du profil, la méthode continue à s'appliquer sans difficulté.



AP = AT x Vo

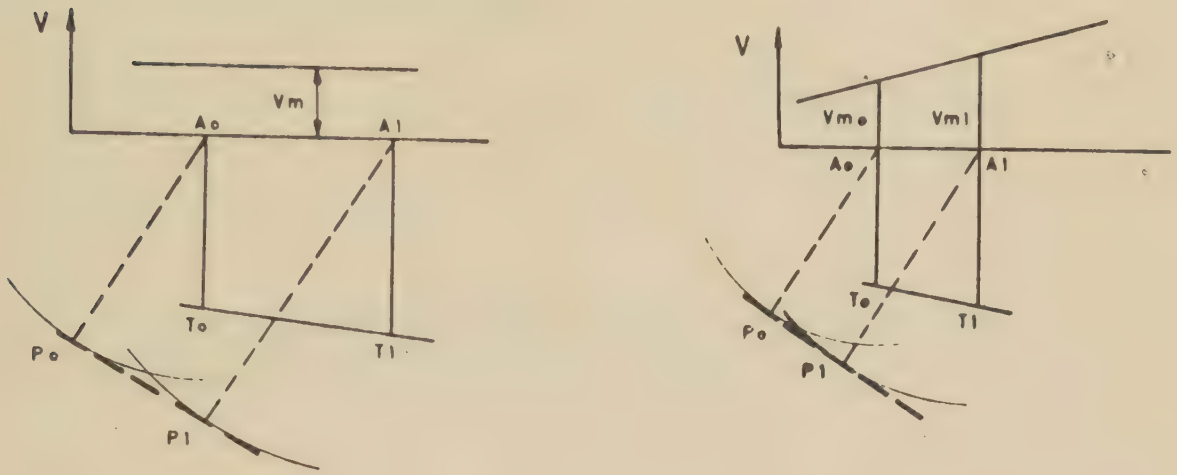


Ao Po = Ao To x Vo
A1 P1 = A1 T1 x V1
A2 P2 = A2 T2 x V2

FIG. 12

b) - Zone à pendages forts (fig. 13)

Dans ce cas, il faut non seulement multiplier le temps par la vitesse, il faut également déplacer latéralement des éléments de miroir : c'est la migration.



Ao Po = Ao To x Vm
A1 P1 = A1 T1 x V

Ao Po = Ao To x Vmo
A1 P1 = A1 T1 x Vm1

FIG. 13

Le phénomène est particulièrement évident en vitesses moyennes constantes. En effet, les rayons sismiques qui se réfléchissent sur eux-mêmes ($A_o P_o$, $A_1 P_1$) sont perpendiculaires aux horizons qui leur donnent naissance, alors qu'on reporte les temps ($A_o T_o$, $A_1 T_1$) à l'aplomb des points miroirs. Pour passer de $T_o T_1$ à $P_o P_1$, il y aura donc 3 opérations :

- Calcul des rayons $A_o P_o$, $A_1 P_1$ comme précédemment.
- Tracé des cercles de centre A_o, A_1, ... et de rayon $A_o P_o$, $A_1 P_1$, ...
- Tracé de la tangente commune : $P_o P_1$ représente le miroir en position vraie.

La méthode s'applique également si la vitesse varie latéralement.

Les rayons des cercles s'obtiennent en multipliant chaque temps par chaque vitesse : le miroir est toujours la tangente commune à deux cercles successifs.

2°) - Vitesses variables avec la profondeur. Isobathes

Si les pendages sont faibles, on calcule des vitesses moyennes et l'on revient au cas précédent.

Considérons le cas des forts pendages :

A) - Si la vitesse varie progressivement avec la profondeur, les rayons sismiques ne sont plus des droites. Par exemple, si la vitesse est de la forme : $V = V_o + k P$ (k étant une constante), les rayons sismiques sont des arcs de cercle. (fig. 14)

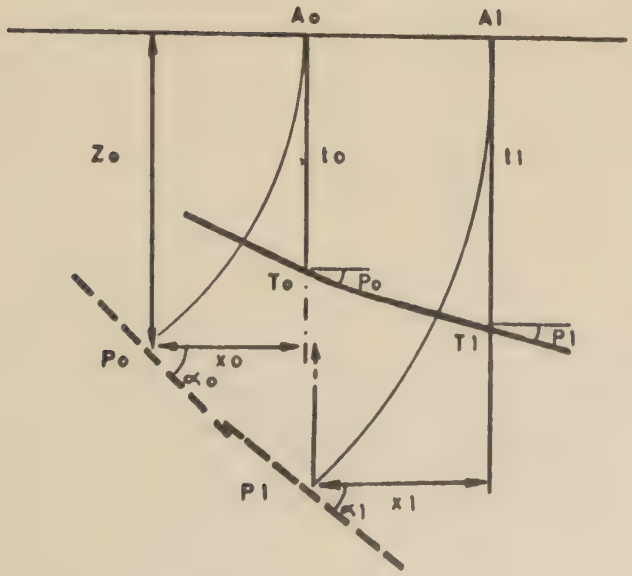


FIG. 14

Mais le rayon réfléchi sur lui-même doit arriver perpendiculairement à l'horizon. Pour migrer le miroir temps, on se sert d'abaques : la pente et le temps du miroir-temps déterminent la pente, la profondeur et le déplacement latéral du miroir-profondeur.

Ces abaques sont constitués par 2 faisceaux de courbes orthogonales. (fig. 15)

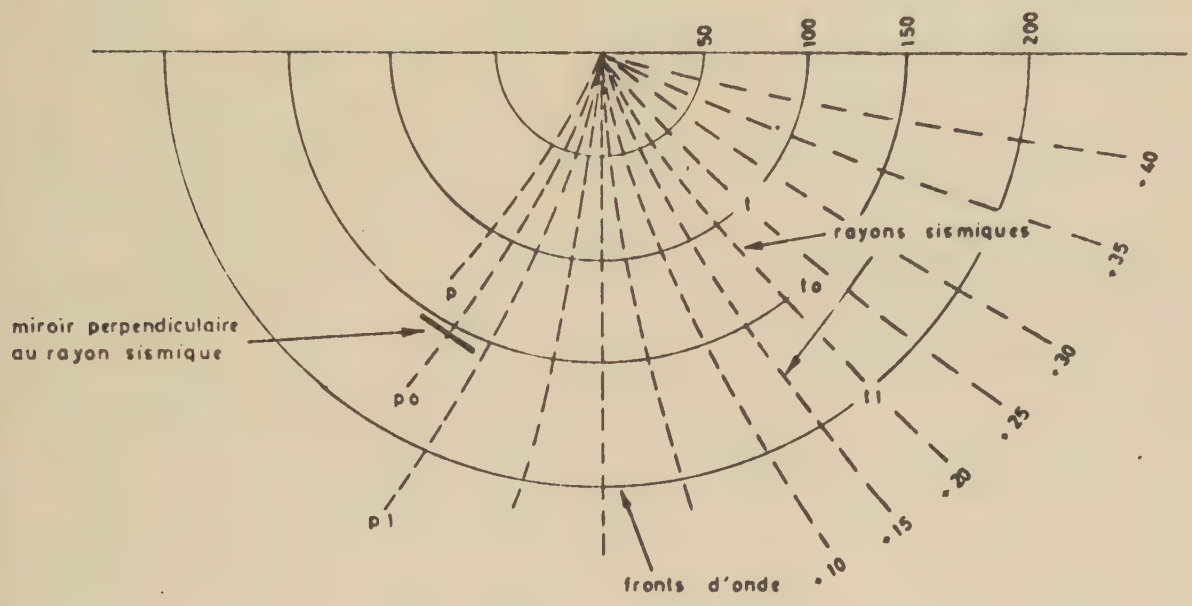
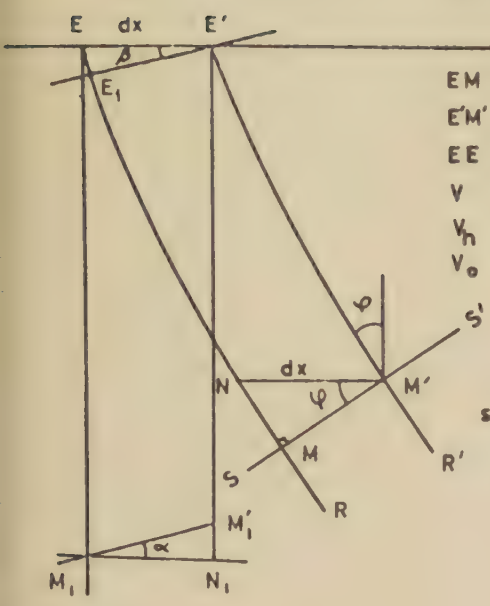


FIG. 15

a) - Le premier faisceau représente la trace des surfaces d'onde sur le plan vertical. La graduation est exprimée en millisecondes.

b) - Le second faisceau représente les rayons sismiques, orthogonaux aux courbes précédentes. Ils sont affectés de chiffres exprimés en gradient temps.



EM corr. à T
E'M' corr. à T - dt
EE = N M' = dx
V = vitesse instantanée
V_h = vitesse d'homogénéisation
V_o = vitesse en surface

$\sin. \varphi = V g.$

tang. $\alpha = \frac{dt}{dx} V_h$

Qu'est-ce que le gradient temps ?

E et E' étant tels que E E' = dx

R R' et S S' sont les rayons et surfaces d'onde correspondants au couples E E'.

Aux infiniments petits du second ordre pris, on a :

$$\sin = \frac{NM}{NM'} = \frac{Vdt}{dx}$$

d'où $\boxed{/ \sin. \varphi = V.g /}$

g est le gradient temps ou pendage temps.

V est la vitesse instantanée au point M. De même le triangle rectangle E E, E' permet d'écrire

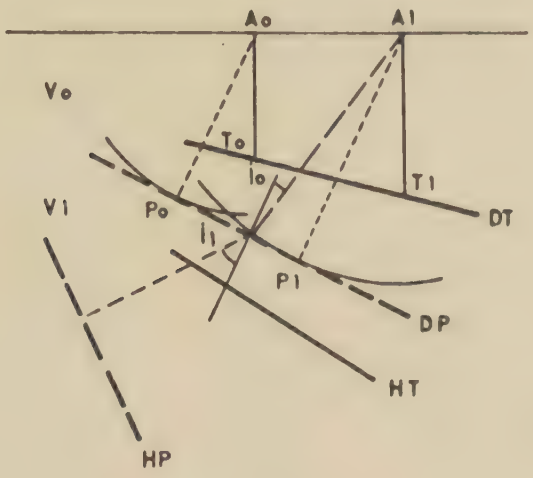
$$\sin \beta = \frac{V_o}{V_h} \quad tg \alpha \quad car \quad \sin \beta = \frac{dt}{dx} \quad V_o \quad tg \alpha = \frac{dt\ V_h}{dx}$$

Le miroir MM' est placé sur la coupe temps en M, M', V_h est la vitesse d'homogénéisation, ou vitesse constante qui sert à représenter en distance, les temps verticaux. Elle est souvent égale à 3 800 mètres par seconde. L'échelle de l'abaque, et les courbes qui la composent, sont tracées en supposant l'utilisation d'un rapporteur du commerce en grades. De sortes que le gradient temps est lu directement sur la coupe temps en grades.

B) - Si la vitesse varie brusquement de part et d'autre d'un horizon géologique, on emploie un dioptre (fig. 16) : on calcule la réfraction subie par les rayons sismiques en traversant ce dioptre par la formule :

$$\frac{\sin i_o}{V_o} = \frac{\sin i_1}{V_1}$$

Vitesse variant brusquement au dioptre D



$$\frac{\text{Sin. } i_o}{V_o} = \frac{\text{Sin. } i_1}{V_1}$$

FIG. 16

Une fois ces migrations effectuées, les horizons-temps (fig. 17) sont transformés en horizons-profondeur : on a obtenu la coupe-profondeur. Les horizons doivent couper les forages situés sur ces profils à la cote exacte où ceux-ci ont rencontré le niveau géologique correspondant. (fig. 18)

Si l'on reporte sur le plan de position des profils la profondeur d'un horizon donné à chaque point, les courbes d'égale profondeur sont les courbes isobathes de l'horizon.

Ces courbes isobathes sont souvent déduites des isochrones par restitutions de profils perpendiculaires à ceux-ci. Lorsque l'on sait que les coupes temps sont perpendiculaires aux directions tectoniques, il est possible de les restituer telles quelles.

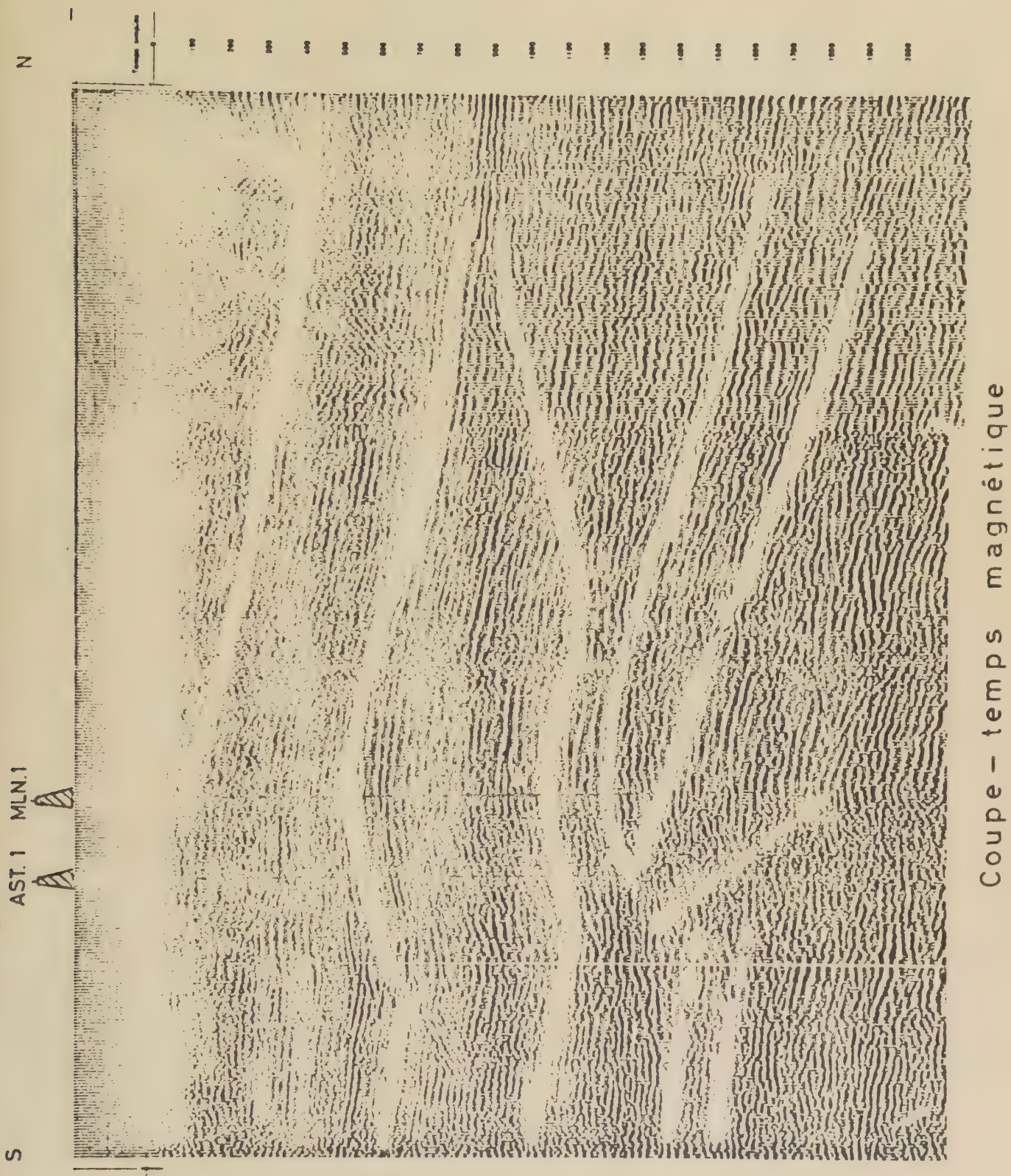


FIG. 17

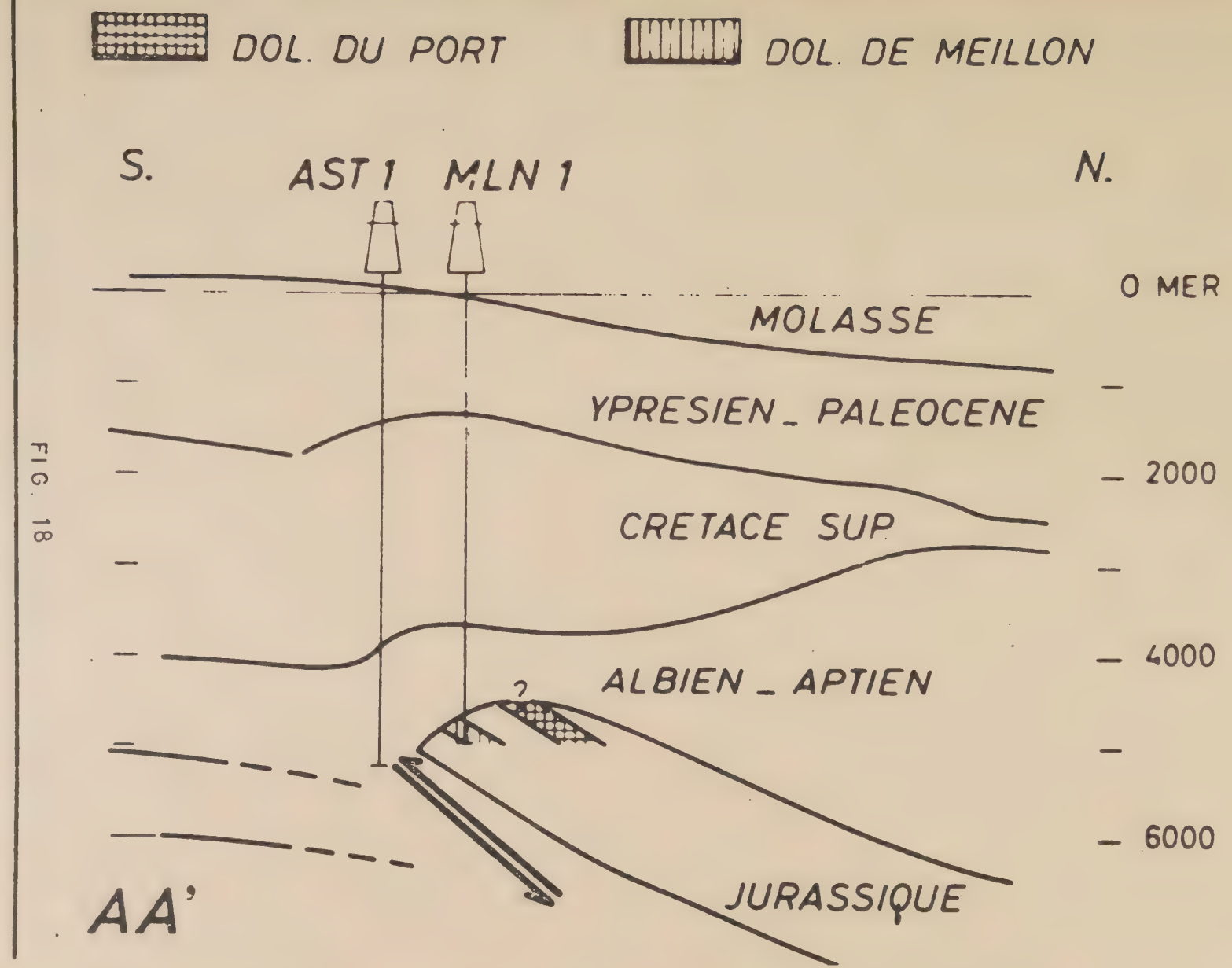


FIG. 18

Coupe-profondeur correspondante à la coupe-temps magnétique fig. 23

TITRE I

Ce titre sera très court. Il est destiné à éclairer quelque pence qui se passe dans une région où les faciès Tertiaire sont marins, sauf à l'extrême sommet.

Je me contenterai donc d'un bref rappel bibliographique, et de la description de quelques coupes sismiques sur lesquelles d'ailleurs il existe des forages.

I - P. LAMARE, dans la notice explicative de la feuille de Bayonne au 1/50.000é de 1962, donne les quelques précisions suivantes, que je retiendrai :

1) passage progressif de l'Eocène supérieur à l'Oligocène inférieur, visible dans la base du rocher Lou Cachaou (Biarritz).

2) entre la rive gauche de l'Adour et Villefranque, l'Ypréso-Lutétien serait, comme à Biarritz, directement transgressif sur les terrains crétacés.

Les complications tectoniques intenses, le terrain très couvert se prêtent mal d'ailleurs, à des généralisations qu'il faut se garder de faire. Les synclinaux lutétiens sont souvent partis en avant vers le Nord, comme des radeaux, en écailles, entraînant des lambeaux de Crétacé supérieur, et glissant sur le Keuper.

II - Deux coupes sismiques sont d'autre part présentées :

Son 5

L'emplacement de cette coupe Nord-Sud est figuré sur le plan de position ci-joint. Elle relie deux sondages, Capcoste 1 et 3, dont les cuttings ont été étudiés par le laboratoire de la SNPA à Pau.

.../...

Sous un Miocène transgressif, qui se relie bien, par sismique et détermination de microfaune, de l'un à l'autre sondage, vient une formation surtout argileuse, qui a donné lieu à la diagnose "Oligocène" de la part du laboratoire.

La sismique montre à l'évidence que cet Oligocène se décompose en deux séries et qu'un phénomène orogénique important se situe en son sein.

D'après ce que nous connaissons par ailleurs dans l'ensemble du bassin, je me crois fondé à différencier un Stampien transgressif, largement discordant, et un Oligocène qui passe sans discontinuité à l'Eocène supérieur. Rien de vraiment notable ne se produit ensuite jusqu'au toit du Crétacé supérieur.

Mi 204

Il s'agit d'une partie du profil dit "de bord de mer" qui a déjà fait l'objet de publications.

Deux sondages, LH 4 et LF 7 ont été implantés le long de ce profil qui me suggère les conclusions suivantes :

1) Discordance et transgressivité de la base du Miocène, visiblement post-tectonique.

2) Discordance intra-oligocène. Les sédiments supérieurs seraient stampiens, la partie inférieure représenterait le Sannoisien. L'ensemble est uniformément argileux.

3) Rien de notable ne se produit dans l'Eocène jusqu'au toit du Crétacé supérieur.

D. BOULANGER écrit dans sa thèse :

"L'absence du Sannoisien est due au fait que la régression de la mer, que nous avons vue s'amorcer au début du Bartonien, va se poursuivre au cours de l'Eocène supérieur et au début de l'Oligocène, la mer se retirant vers l'Ouest et le Nord-Ouest, au-delà de l'Adour. Dans cette région, située plus à l'Ouest, la série restera continue de l'Eocène supérieur à l'Oligocène, comme nous l'avons montré avec Ar. POIGNANT en 1964".

.../...

Je suis parfaitement d'accord avec cette manière de voir. Mais deux événements orogéniques importants surviennent ensuite : l'un se déplace à la base du Stampien, l'autre à la base du Miocène.

TITRE II

NORD DE L'ADOUR

INTRODUCTION

Le pays au Nord de l'Adour, ce sont les Landes, pays plat couvert de pins, comprenant çà et là des étendues cultivées dont l'importance ne cesse de décroître du Sud vers le Nord.

L'Adour constitue une barrière naturelle et au Sud de cette barrière c'est la Chalosse, riche pays agricole, vallonné, région de polyculture.

Le lecteur aura deviné qu'une telle opposition de paysage est liée à un accident géologique important. La faille de l'Adour, expression de tout un faisceau de conditions particulières qui se sont poursuivies au cours des âges et qui sont liées à une importante flexure du socle, limite ces deux pays bien différents.

La transgression stampienne cependant franchira cette barrière et dessinera le Golfe de Mugron, de sorte qu'il sera nécessaire de rattacher ce Golfe au pays Nord de l'Adour,malgré le fait qu'il morde sur le périclinal Ouest de la ride d'Audignon.

Et je serai naturellement amené à déborder, ce faisant, le cours de l'Adour. Un certain nombre de ces observations seront reprises à l'occasion de la description du flanc Sud de l'anticlinal d'Audignon, ce qui assurera la liaison des territoires étudiés au Titre II et au Titre III.

TITRE II

NORD DE L'ADOUR

TABLE DES MATIERES

Introduction

Chapitre I : Les bases.

Chapitre II : Etude des affleurements.

Chapitre III : La trame des profils sismiques et des forages.

Chapitre IV : Isobathes et isopaques.

Chapitre V : Conclusions.

Annexe : modelé post-stampien des rides d'Audignon et de Donzacq-Louer.

TITRE II

Chapitre I

Ce titre ne comprendra qu'une seule base : ce sera le profil sismique CB1 T30, associé aux deux sondages Mont-de-Marsan 1 et 2. Les logs de Benquet ont été placés sur la même planche que MM 1 et MM2, mais la corrélation qu'il est possible d'établir entre les sondages de Mont-de-Marsan et Benquet, est loin d'avoir la même valeur que celle de MM 1 et MM 2.

Détaillons les coupes de ces deux sondages, et nous verrons ensuite comment les corréler.

MONT-DE-MARSAN 1

Sous 24 m de sable des Landes, apparaît un grès coquillier à Lamellibranches, Miogypsines, Hétérostégines, Polypiers. Ceci jusqu'à la cote 80.

De 80 à 276 m, il s'agit d'une argile sableuse plastique, à fines passées de bancs gréseux et calcaires. Ce pourrait être l'Aquitanien.

Le Stampien commence à 276 m, c'est un calcaire blanchâtre, gréseux à Operculines, Nummulites fichteli, Lépidocyclines, avec des intercalations argileuses qui deviennent prédominantes vers le bas, ou à partir de 390 m et jusqu'à 545 m, c'est une argile grise ou jaune, sableuse, plastique, avec quelques bancs calcaires. Les fossiles marins deviennent rares, sinon totalement absents.

Sous la cote 545, il s'agit d'une argile sableuse gypsifère, assez analogue à la précédente, avec passées marno-calcaires à characées. La seule différence réside dans l'apparition de gypse. Mais nous verrons, par la suite, l'importance de ce repère.

De 545 à 795 m, c'est donc une argile sableuse gypsifère, les bancs de calcaire fin, lacustre se multiplient vers la base, et l'on passe ainsi à un calcaire gréseux à Nummulites, Discocyclines, qui est suivi de 860 à 927 m par une argile jaune plastique avant de retrouver des bancs de calcaire gréseux à Nummulites, Discocyclines, Orbitolites complanatus.

.../...

MONT-DE-MARSAN 2

Sous 72 m de sable des Landes, apparaît jusqu'à 227 m une marne argileuse à débris coquilliers qui correspond à celle qui a été traversée de 80 à 276 m à Mont-de-Marsan 1.

De 227 à 478 m, c'est le Stampien, calcaire gréseux marin au sommet et faciès plus continental vers la base.

A 478 m, du gypse dans une marne ou argile jaune ou grise, faciès d'alternances d'allées et de retours de la mer sur un continent qui sort des ondes.

La coupe, où sont figurées les images sismiques, montre les correspondances qu'il est facile d'établir entre les deux sondages. La discordance du Stampien sur l'Eocène supérieur est manifeste.

Bien visible, également, est la discordance ypréso-lutétienne, surtout vers le Sud de la coupe, lorsque l'on approche de la structure d'Audignon.

Il se marquerait, par contre, aux niveaux qui passeront à l'Est au Sable de Lussagnet, et à la zone des alternances, une légère inconformité sur les termes inférieurs. Cette coupe permet de voir combien l'histoire de structures proches peut être différente. Mais quand l'analyse s'étend à toute une région, les événements locaux prennent leur vraie valeur, il ne subsiste plus que les grands traits vraiment caractéristiques de l'histoire géologique.

L'examen de la coupe sismique CB1 T30 complète et confirme les éléments d'appréciation, que permettent de dégager les corrélations électriques. La discordance du Stampien se marque parfaitement aussi bien vers Mont-de-Marsan que vers Audignon, au Sud.

La mer stampienne a sans doute recouvert l'anticlinal d'Audignon, le mouvement transgressif s'est produit trop vite pour que la structure ait eu le temps d'imprimer son cachet sur l'allure des dépôts.

Par contre, il est visible que les mouvements anté-burdigaliens ont, à leur tour, plissé et faillé la carapace stampienne.

BENQUET

Ce sondage, foré par la SAFREP en 1959-60, permet d'étudier ce que deviennent vers l'Est les séries décrites à l'occasion de l'étude de Mont-de-Marsan 1 et 2.

Le Miocène va jusqu'à la cote 320, et il est formé de calcaire plus ou moins gréseux, riche en foraminifères et d'argiles parfois ligniteuses.

De 320 à 395 m, c'est le calcaire sableux zoogène du Stampien marin, massif, avec quelques lits argileux très subordonnés.

De 395 à 550 m, il s'agit surtout d'une formation argileuse, à cachet continental.

A partir de 550 m, l'argile devient plus indurée, et se charge de lamelles de gypse. Il s'agit de l'Eocène supérieur.

Plus bas, de 650 à 720 m, il existe des bancs de calcaire crayeux qui s'intercalent dans les argiles.

De 816 à 841 m, un banc de calcaire crayeux du Lutétien supérieur peut se corréler avec les passées calcaires franchement marines de 800 à 850 m à Mont-de-Marsan 2. Ce serait l'équivalent latéral du sable de Lussagnet, qui apparaît et se développe vers l'Est.

Les corrélations diagraphiques montrent la discordance manifeste du Stampien sur l'Eocène. Un autre fait à retenir : les faciès continentaux vont plus loin vers l'Ouest, au fur et à mesure que l'on monte dans la série Eocène supérieur. La pulsation positive du massif continental aquitain s'est accentuée au Bartonien, Ludien, et peut-être Sannoisien.

TITRE II

Chapitre II

La trame des profils sismiques et des sondages.

Il est impossible de décrire et de publier l'ensemble des sections sismiques. Ce serait, d'une part, impossible, leur importance et le volume qu'elles occuperaient, dépassent des limites raisonnables. De l'autre, la qualité souvent inégale des profils sismiques, ou des diagraphies, rendrait leur exposition peu convaincante. Les sondages dont je décris la coupe sont les suivants :

- Hinx et Saint-Vincent-de-Paul
- Lesgor - Mont-de-Marsan
- Villeneuve-de-Marsan - Lacquy - Losse
- Labrit 1 et 2

- Aire-sur-Adour - Lussagnet.

Les coupes sismiques décrites et illustrées sont ainsi dénommées :

- AG1 V9 - CB1 T6
- CB1 T30
- AG1 V3
- CB1 T26 - MR1 U4
- LO1 T6
- LO1 3
- LO1 T1
- MR1 U3
- MR1 U5
- MR1 U12
- MR1 U6
- MR1 U7

.../...

Elles ont été pointées et restituées par les services géophysiques de la S.N.P.A., et je remercie mes camarades de leur aide. L'interprétation m'appartient. Les lois de vitesse utilisées pour la restitution ne sont pas toujours les mêmes. Comme j'étudie des niveaux relativement superficiels, les différences sont faibles, selon que l'on adopte telle ou telle loi, et l'interprétation n'en est pas modifiée.

HINX et SAINT-VINCENT-DE-PAUL

Ces sondages ont été effectués par les Mines Domaniales de potasse, au cours des années 1929-30.

Il n'a pas été effectué de diagraphies, mais de nombreuses carottes ont été prélevées. Ces carottes ont été étudiées par J. CUVILLIER, qui a dressé les coupes présentées ci-contre.

Saint-Vincent-de-Paul se situe au Nord du dôme diapyrique de Thetien, dans la même région que Lesgor 1. Hinx se place dans le synclinal du même nom.

Il apparaît que l'intervalle 11-79 de Hinx peut se comparer à la zone 3-105 de Saint-Vincent-de-Paul. Il s'agit de faluns helvétiens.

Le Burdigalien continental, lacustre, est pour une bonne part, représenté par les niveaux 79-430 de Hinx et 105-290 de Saint-Vincent-de-Paul, sans qu'il soit possible d'aller plus loin.

Le Stampien, figuré en Oligocène sur les deux coupes a une épaisseur de 500 mètres à Hinx et de 350 mètres à Saint-Vincent-de-Paul. Il est plutôt marin, avec quelques passées continentales épisodiques. La partie supérieure du Stampien, à Hinx, montre des bancs franchement conglomératiques, cependant qu'à Saint-Vincent-de-Paul une intercalation de 50 mètres de grès plus ou moins grossier, dépôt de plage, ou côtier, sans doute, dénote l'instabilité de la frange mer-continent, où les allées et venues du niveau moyen de la mer semblent avoir été la règle.

A Hinx, le Stampien repose sur une série, dont les quelques rares éléments conservés rappellent à J. CUVILLIER les couches de Pedelail.

A Saint-Vincent-de-Paul, le Stampien vient se déposer sur un calcaire gréseux à Nummulites contortus et Chapmanina du Bartonien.

BROCAS F 1

0-40 m : Sable des Landes.

40-75 m : Miocène : calcaire gréseux roux à débris de Lamellibranches, petits Gastéropodes, Milioles.

75-126 m : Argile sableuse grise, puis jaune. Débris de Lamellibranches, Operculines.

126-174 m : Calcaire gréseux jaunâtre, puis gris-bleuté, petits Gastéropodes.

174-193 m : Id. C'est le Stampien marin.

193-373 m : Marne très argileuse grise ou jaune sableuse, presqu'azoïque (rares Milioles) avec du gypse abondant depuis 285 m.

De 285 à 305 m : Passée de calcaire graveleux de 1 à 2 mètres d'épaisseur.

373-392 m : Grès gris, fin, azoïque, à ciment calcaire, alternant avec des bancs de sable.

392-402 m : Calcaire graveleux à Milioles.

402-420 m : Sable quartzeux - Azoïque. Eocène inférieur.

420-484 m : Marne sableuse grise, quelques passées de sable et de calcaire à Milioles.

Il est possible que la base du Stampien puisse être fixée vers 285 m, sous un faciès continental.

L'Eocène comprend des séries continentales vers le haut, qui deviennent rapidement marines quand on descend dans la série.

Là aussi, il est possible de saisir un maximum de régression, tard dans l'Eocène, lié sans doute au Bartonien supérieur ou au Ludien.

LESGOR - MONT-DE-MARSAN 1

Le sondage de Lesgor a été exécuté en 1959 par MOBIL-REPGA.

Sous 18 mètres de Sable des Landes, la sonde a pénétré un calcaire gréseux à Lamellibranches, Gastéropodes, Miogypsines, Polypiers, Hétérostéguies, Milioles du Miocène.

Vient ensuite une argile à débris ligniteux, qui serait peut-être le Chattien, de 198 à 423 mètres.

De 423 à 880 mètres, c'est le Stampien, avec, au sommet un développement important de calcaire plus ou moins sableux à Milioles, Lépidocyclines, Operculines, Nummulites, Bryozoaires.

En comparant avec le sondage de Mont-de-Marsan 1, il est facile de s'apercevoir de la grande épaisseur de ce banc dur, sommital, du Stampien marin, à Lesgor par rapport à Mont-de-Marsan. C'est sans doute, pour la plus grande part, une érosion, à la suite de l'orogenèse anté-miocène, qui a fait disparaître dans ce dernier puits une section importante de couches. En effet, les séries sous-jacentes à ces bancs durs corrèlent bien d'un puits à l'autre, sans variation d'épaisseur. Il est, cependant, possible de noter un léger épaississement vers Lesgor, ce qui pourrait donner à l'hypothèse d'un épaississement d'Ouest en Est de ce niveau un certain poids.

Les corrélations sont nulles à la base du Stampien entre les deux puits. Elles reprennent dans l'Eocène, et les flèches de correspondance montrent bien leur qualité. C'est une série essentiellement composée d'argile plus ou moins gréseuse et de bancs d'épaisseur variable de calcaire plus ou moins gréseux. Comme on le voit, les épaisseurs sont bien conservées de Mont-de-Marsan à Lesgor, et la discordance du Stampien sur l'Eocène est manifeste.

VILLENEUVE-DE-MARSAN - LACQUY - LOSSE

Je vais décrire les coupes de ces trois forages, et je m'aiderai du tableau des logs électriques et nucléaires pour corréler les niveaux correspondants.

Villeneuve-de-Marsan 1 a été foré en 1957 par la SNPA. La coupe lithologique est la suivante :

0-177 m : Argile jaune sableuse.
177-200 m : Grès calcaire à Nummulites.
200-228 m : Marne beige à rares petits Foraminifères.
L'ensemble 177-228 m peut être daté du Stampien.
228-388 m : Marne ocre gypsifère.
388-420 m : Sable grossier - C'est le Sable de Lussagnet.
420-428 m : Grès à Nummulites.

Lacquy a été implanté par la SAFREP en 1958.

142-221 m : Calcaire gréseux à Nummulites - C'est le Stampien.
A 221 m, commence une argile gypsifère avec quelques Ostracodes et Halkyardia, c'est l'Eocène supérieur.
A 472 m et jusqu'à 504 m, c'est le Sable de Lussagnet, grossier à très grossier, grains émoussés mats, entremêlé de grès à Nummulites remaniées, qui se poursuivent encore un peu plus bas. Il est difficile,comme à Villeneuve, de faire la part vers la base, du grès à Nummulites et du sable plus continental.

Losse 1 fut exécuté par la CEP en 1960. Nous disposons sur ce puits de diagraphies modernes, d'un sonic et d'un latérolog. Les géologues de sonde n'ont pas signalé la présence de gypse. De sorte que ce précieux repère nous manque. Mais, la croissance de la vitesse acoustique visible sur le sonic, qui peut s'apprécier grâce aux deux traits parallèles menés par les maximums et les minimums ponctuels, et qui caractérise d'une façon générale le Stampien, moins consolidé, par rapport aux séries de l'Eocène, qui ont

.../...

été indurées par l'orogenèse anté-stampienne, situe une limite Stampien-Eocène vers 220 m.

Le sable de Lussagnet, toujours accompagné à la base d'une dizaine de mètres de grès à Nummulites, est surmonté de la zone des alternances (ZAL) épaisse d'une cinquantaine de mètres, marne bariolée, coupée de bancs de grès gris, et d'une zone argileuse (ZA) argiles versicolores qui s'étendent sur 120 m d'épaisseur. Il est possible de faire sur Losse 1 ces coupures qui existent sans doute à Lacquy et Villeneuve de Marsan, mais la moindre qualité des diagraphies ne permet pas d'en faire état.

AIRE SUR L'ADOUR 1

LUSSAGNET 1

La comparaison des coupes et des logs de ces deux sondages est intéressante.

Il n'a jamais été signalé de gypse dans les cuttings des nombreux forages qui ont été implantés sur la structure de Lussagnet, dans le but de stocker du gaz dans le réservoir sableux de la base de la Molasse, communément appelé "Sables de Lussagnet". Par contre, à Aire sur l'Adour 1 le gypse est connu à partir de la cote 400, ce qui semble être un peu haut, pour caractériser le passage de l'Eocène supérieur au Stampien, ici continental.

L'examen de la ligne de base des argiles, au gamma ray, ainsi que celle du sonic, figuré sur les logs du sondage Aire sur Adour, montrent une brisure vers 450 - 500 mètres. Il est possible qu'une certaine invasion, par hydrothermalisme, dans une région par ailleurs accidentée de failles, même à l'Oligocène, ait entraîné et déposé du gypse de néoformation, dans des séries qui n'en comprenaient pas initialement.

L'Eocène supérieur continental, à Aire, comprend des argiles versicolores, sableuses et gypseuses, avec bancs calcaires ou gréseux subordonnés, ainsi que des niveaux de sable grossier. Ces niveaux se développent surtout vers le sommet, 150 mètres avant le Stampien.

Les séries de base comprennent la zone des alternances (ZAL) où des bancs de grès fin se développent, épaisse de 72 mètres, qui surmonte le "Sable de Lussagnet", grossier, translucide, subanguleux, épais de 60 mètres, passant au "Grès à Nummulites" formé d'intercalations de bancs de grès calcaire gris clair, contenant de très nombreuses Nummulites. Ce grès passe aux argiles grises yprésiennes.

.../...

A Lussagnet, le même grès à Nummulites, qui se corrèle avec les niveaux d'Aire, surmonte un calcaire argileux à Milioles. Et le Sable de Lussagnet, ainsi que la zone des alternances (ZAL) présentent les mêmes caractéristiques qu'à Aire.

Je suis amené à placer la base du Stampien continental transgressif à 472, l'examen des courbes de gamma ray me le suggère, et cette cote correspond à celle d'un niveau sismique discordant, que j'ai carté dans toute la région.

La base du Miocène, ici également continental, peut être fixée à 190 mètres, d'après l'allure de la normale et du gamma ray neutron.

CHAPITRE II

B.- DESCRIPTION DES COUPES SISMIQUES

Ces coupes ont été pointées et restituées par les services géologiques de la SNPA. Par contre, leur interprétation, à partir du toit du Crétacé supérieur, m'appartient.

Les lois de vitesse utilisées pour la restitution ne sont pas toujours les mêmes. Mais les horizons qui m'intéressent sont peu profonds, relativement, et les différences qui apparaissent sont faibles, et négligeables à l'échelle du 1/50 000.

La région à laquelle je m'intéresse, au cours du présent titre, possède la singularité d'être divisée en deux, selon une direction à peu près Nord-Sud, par l'isobathe topographique zéro pendant les temps lutétiens. Elle comprend donc une région surtout marine à l'Ouest, surtout continentale à l'Est, pendant les dépôts des sédiments d'âge Eocène moyen. Le mouvement à très large rayon de courbure qui, à cette époque, a fait surgir des ondes la région Est, ne s'est évidemment pas arrêté subitement vers l'Ouest à l'isobathe 0, qui ne représente rien pour la géométrie de l'écorce, rien de plus qu'une isobathe parmi bien d'autres. Il faut donc s'attendre, en ce qui concerne les sédiments marins, non seulement à une diminution de la profondeur des dépôts, mais aussi à une condensation, et à l'absence de dépôts de certaines tranches de sédiments, liés à l'exhaussement progressif des fonds de l'Océan. Et ainsi nous pouvons tenter d'expliquer pourquoi certains géologues veulent que les Sables de Lussagnet soient l'équivalent des calcaires à grandes Nummulites du Lutétien supérieur, cependant que d'autres estiment que l'âge de ces sables est Yprésien. Les dépôts récessifs sont communément caractérisés par une condensation des sédiments, et cette condensation s'est produite, aussi bien en milieu marin littoral, que sur le proche continent.

Les grès à Nummulites et les Sables de Lussagnet, ainsi que la zone des alternances qui leur est superposée, vont de l'Ypréso-Lutétien au Lutétien supérieur terminal. J'aurai tendance, plus précisément, de dater la zone des alternances (ZAL) du Lutétien supérieur, le Sable de Lussagnet étant Lutétien moyen. Et lorsqu'ils paraissent transgressifs et discordants, c'est parce qu'ils prennent en compte la discordance

.../...

ypréso-lutétienne, générale, importante, le Lutétien inférieur ou moyen étant le plus souvent absent, ou représenté par quelques mètres à peine de série. Il est remarquable de constater, là où il n'y a pas eu de condensation, le parallélisme des miroirs qui représentent les Sables de Lussagnet, avec la base de la discordance ypréso-lutétienne. Que cette condensation ait lieu, et nous aurons l'apparence d'une discordance des sables, ou de leur équivalent marin, les calcaires lutétiens supérieurs, mais le phénomène orogénique qui a donné lieu à une telle discordance, s'est produit bien auparavant.

Cette hypothèse, peut-être ingénieuse, a le mérite de résoudre bien des points d'interrogation, et de rassembler, dans une synthèse admissible, un grand nombre de données.

L'orogenèse ypréso-lutétienne est soulignée, là où elle apparaît sur un certain nombre de coupes, en particulier sur MRIU 3, MRIU 6 et MRIU 7, il est possible d'étudier l'allure de failles de distension, qui impressionnent ou non les niveaux stampiens. Là où le Keuper est suffisamment épais, de tels accidents ont constitué des cheminées diapyriques favorables. Ces failles de distension doivent, d'autre part, être mises en relation avec l'ouverture du Golfe de Gascogne.

Il semble que les mouvements éocènes, à large rayon de courbure, puissent se décomposer, dans le temps relatif, ainsi :

1) Lutétien moyen à supérieur.

   Basculement d'Est en Ouest, et régression. Mouvement positif d'exondation.

2) Lutétien supérieur sommital.

   Légère transgression marine, accompagnée d'un arrêt du mouvement positif, peut-être même d'un mouvement négatif (Zone des Alternances).

3) Bartonien.

   Rémission et arrêt des pulsations (Zone argileuse).

.../...

4) Bartonien supérieur.

Nouveau basculement d'Est en Ouest. Mouvement positif prononcé, qui correspondra, nous le verrons, à l'Est, au dépôt des poudingues de Palassou proprement dit.

La discordance stampienne, qui se produira éventuellement sur le continent et mettra en contact série continentale sur série continentale, mais pas toujours, scellera des mouvements qui se sont produits au milieu de l'Oligocène. Le climat chaud jusqu'alors, devient plus froid. Le gypse ne se dépose plus.

Enfin, l'Orogenèse anté-miocène, suivie de mouvements anté-pontiens, vient donner aux traits structuraux l'image que nous leur connaissons aujourd'hui.

Comme on le voit, il y a deux types différents de "mouvements".

L'un de ces types est de style épirogénique, l'autre de style orogénique. Et les sources énergétiques qui leur ont donné naissance se situent sûrement à des niveaux différents du manteau.

TITRE II

CHAPITRE III

LES AFFLEUREMENTS :

L'ANTICLINAL D'AUDIGNON, LE DOME DE BASTENNES GAUJACQ, LE SYNCLINAL DE HINX, LA RIDE DE ROQUEFORT-CREON

Le Crétacé affleure, à l'occasion de ces mouvements anticlinaux. Ce Crétacé est entouré de terrains plus jeunes, et il est évidemment intéressant de comparer ce que nous apprennent les sondages et la sismique avec ce qu'il est possible d'observer sur le terrain.

1 - SABLE DES LANDES

Je me contenterai de reprendre la légende de la feuille de Mont-de-Marsan (2ème édition).

Ce sable est "constitué par des apports détritiques d'éléments empruntés aux plages maritimes et transportés par les vents dominants, il est formé de grains arrondis de quartz blanc, translucide, associés en faible proportion à des parcelles d'oxyde de fer, de mica, de grenat et d'autres débris de roches éruptives. A sa base existe d'une manière constante un lit peu épais de petits graviers blancs et noirs. Ces sables sont quaternaires, puisqu'ils sont superposés aux argiles à Elephas primigenius".

2 - LES GLAISES BIGARREES, avec parfois des lits de graviers de quartz.

.../...

3 - LES SABLES FAUVES

Ils sont sans doute pliocènes. Epais de 30 à 50 mètres, ils reposent sur n'importe quel horizon géologique, allant du Crétacé au Tertiaire récent. Somme toute, ils représentent, après l'invasion marine helvétienne, dont nous allons parler, un faciès régressif et transgressif à la fois.

4 - L'HELVETIEN

A cet étage doivent être attribués des faluns bleus et des grès jaunâtres à Cardita Jouanneti. Les Cétacés, Dauphins et Balénoptères étaient nombreux dans cette mer ainsi que des Huîtres, des Poissons. L'Helvétien se compose de calcaires gréseux, de grès, de sables gris et de marnes sableuses grises ou bleues, parfois glauconieuses en bancs de 10 à 40 centimètres d'épaisseur, passant parfois à des faluns à Cardita Jouanneti, autres Lamellibranches et Gastéropodes. La microfaune (Milioles) y est abondante ; Rotalia Baconrii paraît être caractéristique de ce niveau. On y rencontre aussi des dents de Squalidés (Carcharodon). L'épaisseur de cette formation est de 2 à 5 mètres dans la région étudiée. Les couches, le plus souvent horizontales et transgressives (niveau à galets à la base) reposent sur les niveaux imperméables du Nummulitique ou de l'Oligocène ; elles forment ainsi un niveau aquifère, ce qui permet de les suivre facilement au flanc des coteaux.

L'Helvétien est bien visible à Donzacq (marnière de Lahourcade, Jouandeou, Charlon) et à Baigts (marnière de Marsan). Les faluns à Cardites sont connus aux Bituminières de Bastennes et de Gaujacq ; ils affleurent également à Saint-Cricq et à Serreslous (marnière de Capéran à 800 mètres Est de Serreslous). Ces niveaux se suivent aisément à mi-pente des coteaux dominant l'Adour entre Mugron et Cassen, où ils reposent sur des marnes lacustres attribuées à l'étage de l'Agenais.

L'Helvétien marin semble passer latéralement à des sables gris et jaunes sans fossiles formant la base des Sables Fauves dans les communes de Caupenne, Lahosse, Nousse, et au Nord du Louts. Des bancs de grès agrégés, à coquilles remaniées, se rencontrent dans les Sables Fauves dans les communes de Doazit, Maylin et Horsarrieu.

.../...

5 - MARNES DE L'AGENAIS (flanc Nord d'Audignon)

Les coteaux qui dominent, dans la région étudiée, la rive gauche de l'Adour, sont formés de marnes jaunes et grises tachetées de lie-de-vin, surmontées par les sables gris helvétiens.

6 - MARNES DE L'ARMAGNAC

Les marnes bariolées qui se trouvent à Mugron, au-dessus des grès stampiens sont rangées par E. JACQUOT dans l'"Etage lacustre de l'Agenais", qui occuperait la place du Chattien ou de l'Aquitanien.

Cette formation est bien visible dans une marnière exploitée par la Tuilerie de Saint-Geours d'Auribat, au bord de la route Montfort-Tartas au droit de la métairie Carameil. A l'Ouest de cette exploitation on trouve, intercalés dans les marnes, des bancs de calcaire à faciès lacustre, parfois bréchique (Espelette à 500 mètres N.N.E. de Cassen).

Les marnes lacustres de l'Armagnac affleurent à la périphérie des structures étudiées et dans le synclinal du Louts. Ce sont des marnes azoïques bleu-gris ou grises avec parfois des teintes lie-de-vin. Des bancs de calcaire blanchâtres, de faciès lacustre, y sont intercalés vers l'Est, sur le territoire des communes de Doazit, Saint-Cricq, Brassempouy, Serreslous et Hagetmau.

Les buttes de Castelsarrasin et de Castaillon qui dominent de 20 à 30 m la plaine alluviale des Luy au Sud et au Sud-Ouest de Bastennes, sont formées par les marnes de l'Armagnac couronnées de terrasses anciennes.

Ces marnes ont été attribuées au Burdigalien continental. Cependant, P. GLANGEAUD a trouvé à Nassiet, à 6 km au Sud-Est de Brassempouy, une faune "stampienne" dans des argiles ligniteuses rappelant les formations attribuées au "Burdigalien" (M.F. DAGUIN). Il est donc probable que le Stampien continental et l'Aquitanien ont des aires d'affleurement bien plus importantes que ce qui est figuré sur la carte géologique.

A - L'ANTICLINAL D'AUDIGNON ET LE DOME DE BASTENNES GAUJACQ

Je ne m'étendrai pas sur l'étude des affleurements d'Eocène inférieur ou moyen, qui a fait l'objet de nombreux rapports internes de la S.N.P.A., de notes diverses, de thèses de divers auteurs. Et mon propos, on le sait, n'est pas de reprendre l'examen des assises marines de cet âge.

Je commencerai donc par l'examen des couches lagunaires de l'Eocène supérieur, à partir des temps où le basculement à large rayon de l'Aquitaine, a fait apparaître un continent, dont nous allons étudier le comportement jusqu'à nos jours.

COUCHES LAGUNAIRES

Nous avons donné le nom de "Couches lagunaires" à des formations affleurant dans le synclinal du Louts, et sur la bordure Sud-Est du massif triasique de Bastennes-Gaujacq, se situant stratigraphiquement au-dessus des couches de la Grotte de Brassempouy et appartenant au Lutétien supérieur ou à l'Eocène terminal. Ces formations sont visibles en plusieurs affleurements présentant tous des analogies de faciès, sans cependant qu'il soit possible de dire faute d'arguments paléontologiques suffisants s'ils représentent tous des dépôts contemporains ou non.

On trouve habituellement à la base, des couches franchement marines appartenant encore aux couches de la Grotte de Brassempouy, avec l'association de foraminifères : Milioles, Alveolina elongata, et Orbitolites complanatus. Au-dessus : des couches lagunaires à Spirolines et Milioles, avec des intercalations franchement lacustres qui constituent ce que nous appelons pour le moment "couches lagunaires". Leur âge serait Bartonien à Ludien.

1) Vallon de Pédelail (Horsarrieu) - G. VASSEUR a été le premier à mentionner les couches affleurant dans le vallon de Pédelail, à 2.200 m au Sud-Ouest de Horsarrieu. Plus tard, M. A. FABRE en a donné dans sa thèse la coupe reproduite ci-contre (fig.2). Nous avons retrouvé les différents niveaux décrits par M. A. FABRE, sauf le niveau (1)

.../...

COUPE DU VALLON DE PEDELAIL

D'APRES M. A. FABRE

LEGENDE

FLANC SUD DU VALLON

1 — Marnes bleuâtres (non visibles actuellement)

2^a — Falun (1m25)

2^b — Calcaire tendre ou compact à Milioles. A la base un niveau où abonde Alveolina elongata (1m)

3 — Calcaire blanc verdâtre à Milioles rares (1m)

4^a — Calcaire blanc compact à Spirolines (1m50)

4^b — Niveau argileux verdâtre avec nodules calcaires (0m25)

4^c — Calcaire blanc gris très dur d'aspect lacustre (1m50)

FLANC NORD DU VALLON

2^a — Falun de caractère littoral très net

2^b — Grès calcaire tendre

3_4_ Calcaire blanc compact passant à une argile panachée avec nodules calcaires

(marnes bleuâtres de G. VASSEUR) qui n'est plus visible. La coupe que nous avons observée sur le flanc Sud du vallon, est la suivante de bas en haut, en conservant la numérotation de la coupe M. A. FABRE :

2a) Argile sableuse et calcaire beige-clair, à nombreuse faune de Mollusques (en particulier Mytilus sp. - voir liste détaillée dans M. F. DAGUIN (4), Polypiers avec quelques Milioles et Alvéolines (A. elongata).

Puissance exposée : 1 m.

2b) Calcaire tendre, gris, à Milioles, avec à la base un banc pétri d'Alvéolines (A. elongata).

Puissance : 1 m.,50

3) Calcaire blanc à Miliol[illegible]

Puissance : 1 m.,50

4) Calcaire crayeux, blanc, à faciès lagunaire (Spirolines, Milioles) ou franchement lacustre

Puissance exposée : 3 m.

Puissance totale environ : 8 à 10 m.

Ces couches, subhorizontales, se situent stratigraphiquement au-dessus des couches de Trabay et de Donzacq visibles plus au Nord dans le vallon de Saint-Martin (marnières de Laborde et de Hillen), dont elles sont séparées par une lacune d'affleurement de l'ordre de 25 mètres (coupe Horsarrieu-Pédelail de la Pl. n° 15). Les couches du vallon de Pédelail, sont surmontées par des argiles à gravier, du type continental, qui affleuraient à 500 m. environ au Sud ; nous n'avons pu malheureusement retrouver cet affleurement ; ces argiles à gravier ont fourni des restes de mammifères attribuables au Ludien ou peut-être à la base du Sannoisien. (M. F. DAGUIN)

.../...

Les couches 2a et 2b du vallon de Pédelail correspondent aux couches de la grotte de Brassempouy. Les niveaux supérieurs se situent donc entre ces couches et l'Eocène terminal.

2) On retrouve les niveaux lagunaires de la coupe de Pédelail, à 3 kilomètres au Sud-Ouest, dans le ruisseau au Sud de la métairie Halette, à 900 m. à l'Est d'Hagetmau. Ce sont des calcaires crayeux à Milioles, rares Alvéolines (A. elongata) et Spirolines, surmontés de marnes grises à Milioles et Ostracodes.

3) Le ruisseau coulant au Sud du village de Doazit, donne la coupe suivante de bas en haut, à l'Est du pont du chemin Doazit-Junou :

1) Calcaire beige à brun, à nombreuses Alvéolines (A. elongata), Milioles, quelques Spirolines, Orbitolites complanatus, moules internes de Mollusques.

2) Calcaire marneux à faciès lacustre, sans faune visible.

On retrouve les mêmes niveaux dans les fossés du chemin Doazit-Junou, au Sud du ruisseau. Le calcaire lacustre contient quelques éléments remaniés du calcaire sous-jacent, ainsi que des moules internes de Gastéropodes indéterminables ; c'est probablement à ce niveau que faisait allusion E. JACQUOT (20) lorsqu'il signalait dans le tiers inférieur de la côte de Mus, un niveau d'apparence lacustre avec des argiles sableuses au milieu desquelles on rencontre des rognons calcaires à Gastéropodes (Cérithes éocènes d'après R. TOURNOUER) et Bivalves.

4) En descendant le chemin du bourg de Brassempouy à Ménichon, on voit dans les talus, des calcaires sublithographiques, blancs veinés de rouge, à faciès lacustre ; ils paraissent superposés à des calcaires blancs rognoneux à Milioles, Orbitolites complanatus, Bivalves et Gastéropodes. Ces couches paraissent être horizontales. En tenant compte des épaisseurs mesurées dans la coupe de Brassempouy (Pl. N°4-C.G. 114), ces niveaux viendraient se placer au-dessus des couches de la Grotte de Brassempouy.

.../...

5) Dans le ruisseau, à 200 mètres à l'Ouest de Lartigue (1.800 m. S.E. de Gaujacq) affleure un banc de calcaire jaunâtre, horizontal, à nombreux moules de Gastéropodes, surtout de Cérithes. Ce niveau est superposé aux couches de la Grotte de Brassempouy de la carrière de Lartigue.

6) La marnière de Massey (3.400 m. S.E. de Maylis) est encore exploitée pour l'amendement des terres. Sur 2,50 m. de haut, affleure un calcaire blanc en rognons emballés dans des marnes verdâtres. Le calcaire est pétri d'Algues, de Milioles et de Polypiers. De nombreux Oursins, Natices, Bivalves sont épars dans la roche, le plus souvent à l'état de moules internes. Des bancs horizontaux de calcaire à aspect lacustre se voient vers le sommet de la carrière. Ils sont surmontés par des marnes bicolores lacustres. D'après E. JACQUOT (20) des marnes vertes et jaunes étaient exploitées autrefois à la Tuilerie de Maylis, un peu au Sud-Est de la marnière de Massey. Ces marnes contenaient des rognons de calcaire à Milioles et Polypiers.

7) E. JACQUOT (20) a signalé dans la carrière de Poulaout, près de Cam-de-Lous (2.300 m. E. de LARBEY) une petite couche lacustre dans laquelle on trouve des Planorbes et une grande Limnée, ayant d'après MUNIER-CHALMAS, beaucoup d'analogie avec la Limnea longiscata du calcaire de Saint-Ouen (Lédien).
Nous n'avons pas retrouvé ce niveau en place mais des débris d'un calcaire lacustre jaunâtre et lie-de-vin à Limnées sont visibles sur le sol aux environs de la carrière. Ils affleurent à 200 mètres au Sud-Ouest de Couout (1.400 m. S.W. de Poyaler). Cette carrière montre au-dessus des calcaires à Milioles des couches de la Grotte de Brassempouy (Lutétien supérieur) une assise de blocs de calcaire à Milioles emballés dans des marnes argileuses verdâtres. Des marnes bicolores lacustres à dragées calcaires terminent le front de taille.

Plus au Nord, le ruisseau de Trubez coule dans des formations à rognons et blocs de calcaire à Milioles, Nummulites et Gastéropodes emballés dans des marnes verdâtres. Le chemin reliant la source à la métairie Tachoires est tracé dans les calcaires à Milioles des couches de la Grotte de Brassempouy surmontées de calcaires sublithographiques, blancs ou jaunâtres veinés de brun ou rubanés, à Milioles

.../...

peu nombreuses. Certains échantillons renferment des Spirolines et possèdent le faciès du niveau 4a (coupe de M. A. FABRE) de Pédelail.

8) Les marnières de Lesplantes (2.000 m. N.N.W. de Caupenne) et du Bas-Dudès (1.300 m. N.W. de Caupenne) sont inexploitées depuis longtemps. D'après E. JACQUOT (20), à Lesplantes "on observe un petit banc rappelant le faciès si caractéristique du calcaire d'eau douce, tandis que les rognons disséminés dans la marne au fond de l'exploitation renferment des empreintes ou des moules de fossiles marins. On y a reconnu les genres Cérithium, Bulla, Cardita, Lucina, Trochus".
On retrouve dans les déblais des débris de calcaire lagunaire blanc à Limnées et Planorbes.

Nous ferons remarquer les analogies qui existent entre les affleurements 1 à 8. Dans l'ensemble, les couches présentent à la base une assise de rognons calcaires à Milioles emballés dans des marnes verdâtres et, au sommet, des calcaires lagunaires ou d'aspect lacustre. A Pédelail, l'horizon de base serait représenté par les niveaux 3 à 4b de la coupe de M.A. FABRE calcaire blanc-verdâtre tendre à Milioles et Pectens, calcaire compact à Spirolines et mince banc d'argile verdâtre à rognons de calcaire à Milioles. Les calcaires à Spirolines se retrouvent dans la région de Cam-de-Lous (Tachoires) et à Hagetmau. Les niveaux 2a et 2b de Pédelail peuvent constituer un équivalent latéral des couches de la Grotte de Brassempouy du Lutétien supérieur, ou bien se situer immédiatement au-dessus, et représenter le Bartonien.

OLIGOCENE

1) SANNOISIEN

Le Sannoisien n'a pas été différencié dans la région étudiée. On ne sait donc s'il correspond à une lacune stratigraphique, ou si au contraire il existe mais avec des caractères lithologiques et paléontologiques ne permettant pas de le distinguer des assises encaissantes.

2) STAMPIEN

Le Stampien est trangressif sur tous les termes de l'Eocène. Les faciès sont très divers : ce sont des calcaires crayeux, blancs ou gris, des grès et des sables plus ou moins calcaires et grossiers,

des marnes sableuses et des faluns à Milioles, Nummulites intermedius-Fichteli, Natica crassatina, Ostrea Cyathula et nombreux autres Bivalves, Gastéropodes dont Telescopium Charpentieri et gros Polypiers.

Ces formations sont visibles sur la bordure Sud de l'accident triasique de Bastennes-Gaujacq. Elles ceinturent l'anticlinal de Louer au Sud, à l'Ouest et au Nord, et affleurent sur le flanc Nord de l'accident triasique de Thétieu. Elles se suivent sur le flanc Nord de la ride anticlinale de Montfort et autour du périclinal Ouest d'Audignon. Elles forment le fond du synclinal entre ces deux structures, au Nord de Lahosse.

A) Accident triasique de Bastennes-Gaujacq

1 - Grès de Donzacq et de Cantin

Ce sont des grès gris-clair, plus ou moins sableux, présentant parfois une stratification torrentielle, et dont les affleurements sont répartis sur la bordure Sud de l'accident triasique, depuis Latéoulère (1.900 m. S. de Gaujacq) à l'Est, jusqu'à Goubardin (700 m. N.W. de DONZACQ) à l'Ouest.

A l'Ouest de Latéoulère, la base des coteaux est formée de grès tendres azoïques, avec un pendage de 10° vers le Sud. Sous Cantin (1.500 m. S.S.E. de Gaujacq) ces grès affleurent largement avec un pendage de 20° vers le Sud ; une petite carrière exploitée au bas de la pente, montre des bancs lenticulaires de grès sableux peu cohérents, et de poudingue. La métairie de Chérou (1.100 m. S. de Bastennes) en face du pont du Luy, est bâtie sur des grès sableux, gris, paraissant avoir un pendage de 30° vers le Sud. Ce même pendage s'observe sur le chemin de Hountanette vers le Sud-Ouest, dans des grès de même faciès. A Chérou et Hountanette, ces grès sont superposés aux couches de la Grotte de Brassempouy du Lutétien supérieur. Ces grès remanient des Foraminifères de l'Eocène, et il faut se garder d'attributions stratigraphiques hâtives, les rapports de situation et de discordance sont par contre très importants.

Le chemin de Petit Péberon (500 m. W. de Bastennes) vers le Sud-Ouest, recoupe des grès glauconieux à Operculines, plongeant de

.../...

25° vers l'Ouest, s'enfonçant sous un calcaire sublithographique, blanc et rose, d'aspect lacustre, en dalles minces, à éléments remaniés de calcaires à Milioles, et de pendage de 30 à 40° vers le Sud-Ouest.

Enfin, sur le territoire de Donzacq, ces grès affleurent à Lapeyrère, dans la carrière de Francoun, à Cap du Pont (grès à Operculines), et dans celle de Goubardin, à 200 m. au Nord-Nord-Ouest de cette métairie ; leur pendage paraît faible vers le Sud-Ouest et l'Ouest.

L'âge des grès de Donzacq et de Cantin est incertain. M. F. DAGUIN les rapporte au Ludien marin ; E. JACQUOT les rattachait au Grès de Mugron alors que pour H. DOUVILLE ils doivent être rapportés au Lutétien supérieur, par suite de la découverte d'une Assiline. Tout ce que l'on peut dire avec certitude pour le moment, est qu'ils s'intercalent entre les couches de la Grotte de Brassempouy (Chérou, Hountanette), du Lutétien supérieur, et le Stampien daté de Lapenne (au droit de Petit Péberon). D. BOULANGER en ferait du Bartonien.

2 - Le coteau de Lapenne (1.100 m. S.W. de Bastennes)

Il est formé de Stampien bien daté, avec une faune à Telescopium Charpentieri et Natica crassatina. Il est constitué de molasses et de calcaires à Milioles et à Algues, Gastéropodes, Lamellibranches. De nombreuses petites carrières entaillent les premières pentes du coteau, au bord du Luy, ainsi que la petite falaise surplombant le chemin de Lapenne à Bastennes. Ces couches sont faiblement inclinées vers le Sud-Ouest.

B) Ride anticlinale de Montfort

1 - Flanc Sud

Le Stampien n'est pas connu sur le flanc Sud de la ride anticlinale de Montfort, entre Donzacq et Goos.

.../...

2 - Flanc Nord et synclinal au Nord de la ride

a) Baigts : La marnière de Tauzia (1.500 m. N.N.E. de Baigts) dans le quartier de Beyrie, est ouverte dans des marnes grises à Foraminifères que l'on peut attribuer au Stampien.

b) Lahosse : Le Stampien affleure largement à Lahosse où il forme le soubassement des coteaux de la rive gauche du Louts entre les métairies de Treytin à l'Est et de Lacabanne à l'Ouest. De nombreuses carrières sont creusées dans cette formation (carrière de Treytin, Capdeboscq, Petit Cabé, Bellocq, Arlanne). Dans la carrière de Pinaout, on observe une alternance de calcaires grossiers gris à Polypiers, de calcaires compacts à Milioles, Bivalves (Natices) et débris de lignite et de faluns marno-sableux présentant un pendage très léger vers le Sud-Sud-Est. Les ruisseaux de Ségnerat, du Cimetière et de la Hountrasse donnent des affleurements continus de marnes sableuses gris-bleu à microfaune et polypiers alternant avec des bancs calcaires à Milioles. E. JACQUOT signale dans ces formations Natica crassatina et Caryophyllia. L'épaisseur du Stampien y est de 15 à 25 mètres.

Au Sud de Lahosse on retrouve un peu de Stampien dans le ruisseau dous Labadés, à l'Est de Pouchon (calcaire et falun à Milioles) et au Petit Fayet.

c) Poyanne : A Poyanne, au Nord-Ouest et au-dessus des marnes à Crabes de Guillemet, la carrière de Grand Pin (1.200 m. S.S.E. de Poyanne) dans le vallon de Marilanne expose des grès fins, en gros bancs, alternant avec des marnes sableuses grises, à Milioles, Nummulites, Cérithes, débris de Bivalves et Foraminifères plongeant de 10° vers le Nord-Est. Ces couches se poursuivent vers le Sud-Est par des marnes et calcaires marneux à Milioles affleurant dans le ruisseau de Mouliot au droit du Moulin de Mouliot.

.../...

d) Lourquen : Le Stampien de Lahosse se prolonge au Nord par les affleurements de Lourquen qui occupent dans cette région le fond du synclinal entre la ride de Montfort et l'anticlinal d'Audignon. Ce sont des marnes sableuses et des calcaires marneux gris à Milioles et Foraminifères qui affleurent dans le ruisseau de Petit Begs à l'Est de Jean (1.000 m. E. de Lourquen). Ils forment le coteau au Sud de Chantegrit et occupent le flanc Est du vallon de Chai, entre les maisons Saint-Martin et Basque.

Des carrières et des marnières y sont ouvertes dans des calcaires plus ou moins marneux ou gréseux et des marnes à Milioles, Gastéropodes, Polypiers et microfaune. DU BOUCHER et V. RAULIN citent une faune abondante dans laquelle nous relevons : Nummulites intermedius-Fichteli, Natica crassatina, Cerithium Charpentieri.

Ces affleurements se poursuivent au Nord et à l'Est par le Stampien de Mugron que nous étudierons plus loin.

C) Anticlinal du Louer

1 - Flanc Sud

Le Stampien affleure dans le ruisseau de Pelette (2.000 m. E.S.E. de Préchacq) où il est transgressif sur le Lutétien moyen. Il est représenté par le "calcaire à Astéries et à Macropneustes" des anciens auteurs. Le premier affleurement se trouve au confluent des ruisseaux de Sarlatte et de Pelette : ce sont des marnes grises, des calcaires marneux détritiques et siliceux, des molasses à Polypiers, Nummulites, Cérithes et Foraminifères. Au moulin de Pelette on voit des calcaires siliceux à Nummulites, Lithothamniées et Milioles. E. JACQUOT y signale de nombreux Macropneustes Meneghini. Ces formations se poursuivent dans le ruisseau en aval du moulin et des débris de calcaires stampiens se retrouvent dans le Louts entre le pont de Jean-Blanc et le confluent du ruisseau de Pelette. Un peu au Nord-Ouest de Jean-Blanc on peut observer un calcaire siliceux à Nummulites et Polypiers (Stampien) au-dessus de marnes à Operculines du Lutétien moyen.

.../...

2 - Périclinal Ouest

a) La carrière de Petit Sin (400 m. N. de Préchacq) était ouverte dans des calcaires blancs, crayeux et des calcaires grossiers à Polypiers, Lithothamniées et Nummulites.

b) Cet affleurement se prolonge, 200 mètres au Nord, par celui de la carrière de Lacouture (Préchacq) où E. Jacquot a récolté Nummulites intermedius, Macropneustes Meneghini, Eupatagus ornatus et des Natices. Ces formations seraient transgressives sur le Lutétien supérieur affleurant à 150 mètres à l'Est de cette carrière (petite carrière de Lesplassote).

c) L'ancienne exploitation de Cout (2.300 m. N.E. de Préchacq) expose des calcaires détritiques et des calcaires tendres, glauconieux, à Nummulites et débris.

3 - Flanc Nord

a) Tuc de Saumon

La colline du Tuc de Saumon forme entre Cassen et Gousse le premier relief au Sud de l'Adour. Ce coteau est constitué par le Stampien recouvert par les Sables Fauves. De nombreuses carrières sont ouvertes au pied du Tuc ; les carrières de Caillebas (Cassen), la grande carrière de St-Jean-de-Lier et les carrières de Comte (St-Jean-de-Lier). La carrière de Caillebas donne la coupe type suivante qui se retrouve sur tout le flanc Nord de la colline : la partie inférieure (5 m.) est formée de calcaires détritiques et de grès à Milioles et petites Nummulites, en gros bancs et la partie supérieure (5-6m.) de calcaires et grès plus ou moins grossiers à Milioles en minces bancs séparés par des lits sableux dans lesquels on trouve parfois des bancs plus épais ou des blocs alignés de calcaires à Milioles. Cette formation présente une nette stratification entrecroisée. Les grès passent souvent à de vrais poudingues à galets de calcaires à Milioles. Le pendage général de ces couches est de 9 à 12° vers le Nord-Nord-Est.

.../...

En montant au sommet du Tuc par le chemin de St-Jean-de-Lier à Louer, on recoupe ces formations et on rencontre à leur partie supérieure, dans le talus du chemin, au hameau de Saumon, un banc de faluns à Bivalves et Huîtres (Ostrea cyathula).

A l'extrémité occidentale du coteau, au droit de la métairie Comte, une grande carrière de 10 mètres de haut montre un calcaire blanc, crayeux, graveleux par endroits, à très nombreux Polypiers de toutes tailles, moules de Cérithes, Natices et autres Bivalves, surmontés par 4 mètres de sables de teinte fauve avec intercalations de dalles gréseuses. On trouve au milieu des formations calcaires un banc compact à Lithothamniées. Le pendage est de 15° vers le Nord. Cette exploitation se poursuit au Sud par des "excavations souterraines" dans lesquelles E. JACQUOT (20) a trouvé de gros Polypiers et Natica angustata. Plus au Sud, le long du chemin montant vers le plateau de Saumon de petites carrières sont ouvertes dans des calcaires graveleux où les Nummulites sont abondantes.

Le Stampien du Tuc de Saumon est transgressif sur les Grès de Coudures du flanc Nord de l'anticlinal de Louer. Ces grès affleurent entre les métairies de Lamarque (1.300 m. W.N.W. de Cassen) et de Bouheben (600 m. S.E. de Gousse).

Dans la carrière de Bouheben on trouve des blocs épars de Grès de Coudures, de calcaires grossiers rouge-brique à Nummulites et de calcaire crayeux gris-blanc à Polypiers (Stampien?). Le puits de Bouheben aurait rencontré à 4,50 m. du calcaire, puis de la marne. R. TOURNOUER (26) avait observé dans cette exploitation des marnes et des calcaires à Nummulites irregularis et Assilina granulosa au-dessous des Grès de Coudures ; nous n'avons pu les retrouver. A l'Ouest de Bouheben, les Grès de Coudures affleurent le long du chemin vers Gousse et sont recouverts transgressivement près de Gouday par des calcaires crayeux et des calcaires détritiques gris-jaunes, glauconieux à Nummulites. Le puits de Loustaounaou (Gousse) a rencontré la pierre à chaux à 17 mètres et le sondage de Gousse, sur la rive gauche de l'Adour à 300 mètres environ à l'Est de Castets a traversé près de 50 mètres de calcaire (Stampien ?).

.../...

D) Périclinal Ouest d'Audignon

Le Stampien affleure sur le périclinal Ouest de l'anticlinal d'Audignon en continuité avec les affleurements de Lourquen et de Lahosse ; il est transgressif sur le Lutétien supérieur à l'Ouest du périclinal, sur le Lutétien moyen et inférieur au Nord-Ouest et au Nord.

1 - Saint-Aubin - Larbey

Le Stampien est représenté par des calcaires détritiques et des grès à Milioles et microfaune, avec un pendage de 10 à 16° vers l'Ouest, sur le chemin de Larbey à Mugron, un peu au Nord du moulin de Gousougue (2.800 m. N.W. de Larbey). A l'Ouest de ce chemin et au Sud-Ouest du moulin, la petite carrière de Bataillon est ouverte dans ces mêmes niveaux qui plongent de 10 à 12° vers le Nord (?). A Malebat (2.700 m. N.W. de Larbey) on voit des calcaires marneux et des marnes blanches à Milioles et microfaune.

2 - Mugron

a) Au Sud du chemin vicinal du château de Labarthe le Stampien affleure largement dans le ruisseau du Chin et à la marnière de Labarthe : ce sont des grès calcaires grossiers gris et gris-bleuté, lités, alternant avec des marnes sableuses bleues à petites Nummulites, Milioles et microfaune (épaisseur 15-20m)

b) Au Nord de ce chemin et à l'Est de la grand'route de Donzacq à Mugron les grès et les marnes sableuses à Nummulites et Milioles du Stampien sont visibles aux points suivants : Ruisseau de Mignon en aval de son confluent avec le ruisseau de Basquou, métairie de Bidaouche, marnière et fontaine de Basquou, marnière de Tristan, marnière de Barbari. La marnière de Bibé, (1.000 m. S.S.E. de Mugron) récemment exploitée, montre des marnes grises et des calcaires marneux assez grossiers à faune très abondante : nombreuses Nummulites intermedius-Fichteli, Bivalves, Gastéropodes (Telescopium Charpentieri), Polypiers.

.../...

c) A l'Est de la grand'route Caupenne-Mugron les coteaux rive gauche du Louts montrent les affleurements suivants qui font le raccord avec le Stampien de Lourquen : Menjougrace, Grand-Modeste, carrière de Gay, Pridet-de-Haut et marnière de Pridet-de-Bas (1.000 m. E.S.E.).

d) Carrière des grès de Mugron : les carrières classiques des "Grès de Mugron" se trouvent au croisement du chemin vicinal du Bas de Laurède à Mugron et du ruisseau de Castagno. De nombreuses exploitations ont été ouvertes dans des grès calcaires gris-brun à grain plus ou moins fin, en gros bancs séparés par des sables ou des faluns à Milioles, Operculines, Lépidocyclines et microfaune, avec poudingues et brèches subordonnés. Ces formations, à stratifications entrecroisées, présentent un pendage général de 5 à 12° vers N., 55° W (puissance 15-20 mètres). Ces grès sont recouverts de marnes jaunes et grises ("étage lacustre de l'Agenais") masquant les fronts de taille par leurs éboulements. L'affleurement des grès de Mugron est à peu près continu dans les vallons des ruisseaux de Biassette et de Castagne jusqu'à la métairie Michéou. Un pointement est visible en bordure même de l'Adour à 200 mètres à l'Est de Lescole.

E) Accident triasique de Thétieu

On trouve sur le flanc Nord de cet accident un petit affleurement de marnes sableuses bleues intercalées de bancs de grès gris-bleu à Nummulites (N. intermedius-Fichteli) présentant un pendage de 68° vers le Nord. Cet affleurement de Stampien se situe dans un petit vallon à 300 m. au Sud-Est de la métairie Labille (Pontonx) ; il a été découvert par M. PRESSOUYRE et étudié en détail par M. F. DAGUIN (7).

Un autre affleurement de Stampien a été découvert dans le ruisseau à 1.500 m. au Nord-Est de Thétieu. Au Nord de l'affleurement de Lutétien supérieur (voir p. 79), on voit un calcaire détritique gris, glauconieux à Algues, Rotalidés, Milioles, formant un aplomb sur la rive gauche ; il est accompagné de marnes sableuses et de grès calcaires gris-bleu à Nummulites intermedius-Fichteli et microfaune de l'Oligocène. Le Stampien est encore visible à 50 m. en amont, dans une marnière ouverte dans des marnes très sableuses gris-bleu à Nummulites intermedius-Fichteli.

.../...

Pour résumer ce qui a trait à l'anticlinal d'Audignon, je dirai qu'il s'étend au Sud de l'Adour, sur une longueur visible de 28 km, et une largeur d'environ 7 km. Son axe est sensiblement orienté Est-Ouest. Les flancs Nord et Sud, et la terminaison périclinale Est disparaissent sous les "sables fauves". Vers l'Ouest, le synclinal Stampien de Mugron recouvre transgressivement son plongement périclinal.

La couverture nummulitique comprend des séries sur le flanc Sud en auréoles régulières allant de l'Eocène inférieur au Lutétien supérieur compris. Après une période de régression, correspondant à l'extrême sommet de l'Eocène, et au Sannoisien, le Stampien marin transgressif vient reposer en discordance sur le périclinal Ouest et le flanc Nord, où des calcaires à blocs roulés du Danien sous-jacent reposent sur celui-ci avec un pendage de 15° vers le Nord.

Le Chattien-Aquitanien inférieur lacustre ou lagunaire du coteau de Banos correspondrait, d'après JACQUOT et RAULIN, à la Molasse de l'Agenais.
Ces marnes dominent la rive gauche de l'Adour, de Montaut à Cassen qui sont superposées au Stampien, à l'Est du village et reposent sur le Crétacé à l'Ouest.

L'Aquitanien marin est connu à Toulouzette, au Nord de l'Adour et à Meignos, en face de Banos.

Le Burdigalien lacustre ou marnes de l'Armagnac mord largement sur l'anticlinal. Il y a eu une phase intense d'érosion de la structure, post-stampienne et même post-aquitanienne, correspondant à la phase anté-burdigalienne dont j'ai partout retrouvé l'importance majeure.

L'Helvétien marin est connu dans la falaise qui domine l'Adour, sous la ville de Saint-Sever.

La structure est dissymétrique, à flanc Nord abrupt, et flanc Sud très doux. Une faille accidente son flanc Nord.

Des mouvements se placent avant la transgression stampienne. Ce terrain stampien est discordant, dans la région de Poyaler, sur le Lutétien supérieur des couches à grandes Nummulites ainsi que sur le Damien du flanc Nord.

.../...

Le petit sondage Au Cr 7, situé sur le périclinal est, a, d'autre part, recoupé de 148 à 156 un calcaire détritique marin stampien, transgressif sur l'Yprésien.

Il faut rappeler encore que F. DUBALEN a vu, à 1 km au N.N.E. de Sarraziet, le calcaire à Astéries stampien reposant sur le Crétacé supérieur.

Les trois cartes paléogéographiques qui sont jointes à ce paragraphe, demandent quelques commentaires.

A l'époque stampienne, la carte que je donne n'est guère plus qu'une carte d'affleurements actuels. Nous savons les allées et venues fréquentes de la mer, à cette époque, et la structure d'Audignon, ainsi que la Chalosse de Montfort, ont été recouvertes par la mer, parsemée çà et là d'îles ou de promontoires, création de la tectogenèse récente anté-stampienne.

Les mouvements importants se placent avant le Burdigalien. Et l'érosion joue son rôle, très vite et rabote complètement la structure. Le Burdigalien est un manteau horizontal, troué par places là où les mouvements anté-helvétiens ou anté-pontiens ont gauchi assez faiblement les couches.

La carte paléogéographique, à l'époque burdigalienne, est sans doute assez proche de la vérité de ce temps-là, en ce qui concerne le tracé AB.

A l'époque helvétienne, la Chalosse de Montfort et l'anticlinal d'Audignon figuraient peut-être le promontoire que j'ai dessiné.

B - LE SYNCLINAL DE HINX

Le synclinal de Hinx est limité au Nord-Est par l'anticlinal de Donzacq Louer, d'axe NO-SE, au Sud-Est par l'accident triasique de Tercis Saint Pandelon Benesse Pouillon.

Entre ces deux ensembles, une fosse profonde, large de 12 km s'étend depuis Hinx jusqu'à Amou.

Au Nord-Ouest, les massifs triasiques de Dax et de Thétien limitent la fosse.

L'Eocène inférieur y est concordant sur le Danien. Mais l'Yprésien est discordant et transgressif sur les coupes sismiques.

Le Lutétien, avec ses trois termes, est concordant sur l'Yprésien, le Lutétien supérieur ne présente aucun caractère de transgressivité.

La mer bartonienne avait vraisemblablement son rivage à l'intérieur de la zone synclinale de Hinx, et passait vers l'Est à des faciès lacustres et continentaux.

Le Stampien se présente à l'affleurement sous des faciès très variés : calcaire crayeux ou cristallin, blanc ou gris, grossier ou à grain fin à Lithothammiés et Milioles, sables, argilessableuses, faluns, poudingues. On y trouve des Mollusques : Natica crassatina, Ostrea cyathula, Telescopium charpentiéri, Polypiers, Bryozoaires, Echinides.

La microfaune est caractéristique : Nummulites intermedins fichteli, Nummulites vascus Bouchei, Operculines, Elphidium, Nonion, Halkyardia.

.../...

Les bancs de grès sont parfois lenticulaires . Des bancs de poudingue et conglomérats à éléments divers empruntés au substratum, souvent lutétiens.

Le Stampien marque une transgression marine avec conglomérat à éléments de silex à Tercis (Lesperon). La mer, venue du Nord, butte sur le flanc Nord de l'anticlinal d'Audignon, pénètre en golfe dans le synclinal du Louts, respecte la ride de Donzacq Louer émergée, envahit toute la zone synclinale de Hinx qui nous occupe et déborde le prolongement de la ride Tercis Benesse (Gaas).

La mer stampienne, transgressive, présentait un caractère instable avec dépôts variés, très coquilliers, peu profonds et bancs de conglomérat.

Des mouvements post-stampiens très intenses amènent une émersion, et l'établissement de faciès lacustres dans la zone synclinale d'Hinx.

Le Burdigalien est essentiellement lacustre et correspond à une intense période d'érosion de destruction du relief et de pénéplainisation. Le lacustre empiète sur le flanc Sud de la ride Donzacq Louer et vient jusqu'au coeur d'Audignon sur l'Albo-Aptien. L'anticlinal d'Audignon n'a pas été très fortement rajeuni par les mouvements post-stampiens, qui sont restés là assez faibles.

La mer revient en transgression à l'Helvetien avec, à la base, des niveaux de galets d'Albien, de Crétacé supérieur et d'Eocène, ainsi que de l'Ophite. C'est une mer peu profonde, dont les contours ne respecteront pas les axes tectoniques de la région arasée au Burdigalien.

Madame POIGNANT écrit "le Vindobonien a recouvert entièrement la ride de Donzacq Louer, arasée antérieurement, c'est pourquoi on trouve ses dépôts au coeur même de la structure.
C'est un sédiment grossier, très littoral, à nombreux petits galets siliceux roulés et parfaitement polis, et nombreux organismes remaniés. Le Vindobonien est caractérisé par la présence de Cardita jouanneti de fréquents débris de Crétacés, du Bryozoaire Lunulites conica, et, en ce qui concerne les Foraminifères, par des orbulines abondantes et Ehrenbergina.

C - L'ANTICLINAL DE ROQUEFORT

D'après R. POMEYROL, il n'est possible d'observer les relations du Crétacé et du Tertiaire qu'en un seul point, au moulin de Batan : l'Oligocène y présente une "assise inférieure" débutant par une surface d'érosion marine du Maestrichtien avec coraux, galets perforés et nids à Nummulites ; une assise supérieure sablo-gréseuse à Nummulites paraît légèrement transgressive sur la précédente avec un cordon de galets quartzeux à la base.

F. DAGUIN rapporte que E. BENOIST en 1887 avait signalé sur le plateau de Badeho, aux environs de Roquefort, immédiatement en contact avec la craie à Baculites anceps, un calcaire à Alveoline elongata, Nummulites ramondi Defr., Nummulites guettardi d'Archiac et Haime. Il s'agit sans doute d'Yprésien, c'est plutôt d'A. oblonga plutôt qu'elongata, dont il devrait s'agir, et d'ailleurs c'est bien ce que R. TOURNOUER en 1863, a signalé au même endroit. Il n'est pas possible de retrouver cet affleurement.

La campagne de petits forages exécutés par la SNPA vers 1948 a permis d'explorer en détail cet Yprésien marin. D'après J. DUPOUY CAMET, il s'agit d'une alternance, en bancs de faible épaisseur, de calcaire détritique, de grès jaunâtre, d'argile sableuse grise bourrée de débris, de Mollusques et de Foraminifères : N. guettardi, N. globulus, N. praelucasi, Discocyclina archiasi, Alveolina oblonga. Il s'agirait de l'Yprésien supérieur, ou Ypréso-Lutétien, qui présente d'ailleurs de grandes analogies avec celui de la tuilerie de Gan et des forages de Garlin.

Les sables de Lussagnet ont vraisemblablement été rencontrés sur l'Ypréso-Lutétien, avec une épaisseur moyenne de 15 à 20 mètres par trois de ces petits forages.

.../...

Stampien

Il est très net dans la vallée de la Doulouze, depuis le moulin de Batan jusqu'à Roquefort, sous forme de calcaire siliceux et sables à Nummulites intermedius fichteli, Polypiers, Bryozoaires, Brachiopodes.

Sous le vieux pont de Roquefort, il repose transgressivement sur le Maestrichtien, comme R. POMEYROL l'a signalé.

Le forage R 1, d'autre part, donne la coupe suivante :

0 - 25	sable des Landes
25 - 29	faluns aquitanien
29 - 59	marnes lacustres azoïques
59 - 82	calcaire gréseux et sableux à petites Nummulites reticulées. Ce calcaire, transgressif sur le Maestrichtien à la cote 82, renferme des galets d'Eocène et de Crétacé. C'est le Stampien.

Le petit forage RFg 2 a recoupé :

De 20 à 135 mètres, une série lacustre, marnes sableuses et calcaires argileux blancs à bruns verdâtres, azoïques, et des sables quartzeux très fins.

De 135 à 194 mètres, les grès sableux et argileux à N. fichteli, du Stampien avec une couche lacustre intercalaire.

De 194 à 287 mètres, des marnes brunes et gris-vert, très finement sableuses, azoïques.

JACQUOT a décrit, au-dessus du Crétacé de Roquefort, dans la vallée de l'Estampon, des marnes lacustres de l'Agenais (Chattien) recouvertes par les faluns de St-Avit aquitaniens. Puis viennent le Burdigalien lacustre et l'Helvetien marin.

.../...

La campagne de petits forages amena la découverte d'épais bancs sableux azoïques, sous les argiles lacustres. Ces sables blancs ou gris, formés de quartz, muscovite avec magnétite et chlorite très subordonnés, présentent à leur base des galets remaniés des formations sous-jacentes.
A. VATAN, d'après leurs minéraux lourds, les range dans la molasse oligocène. Ils représentent un passage latéral du Stampien marin au lacustre. C'est un faciès transgressif en milieu continental.

Sur le noyau crétacé, l'Yprésien est venu en transgression à la suite de la régression danienne. Le Stampien, transgressif sur l'ensemble, est lui-aussi plissé mais la phase anté-burdigalienne paraît la plus significative.

La coupe Nord-Sud ci-après, à l'échelle du 1/20 000ème, montre l'idée que l'on peut se faire de l'anticlinal de Roquefort. Elle est due à E.G. BONNARD grâce à l'exécution d'un grand nombre de petits forages soigneusement étudiés.

Il est possible de saisir le caractère transgressif du Stampien, mais la carapace stampienne est, elle-aussi, plissée et cassée par l'orogenèse anté-miocène.

Ce sont les conditions mêmes qui caractérisent le flanc nord de l'anticlinal d'Audignon.

D - L'ANTICLINAL DE CREON

Les affleurements de la région de Créon des Landes et de Saint-Julien, sont composés de calcaires cristallins et dolomitiques pointant à travers le sable des Landes.

En liaison avec ces affleurements, apparaît la zone thermale de Barbotan-les-Thermes, dans le Gers, avec jaillissement d'eau sulfurée calcique à 37°.

Les anciens auteurs, qui y ajoutaient vers l'Ouest la ride de Roquefort, et vers l'Est celle de Cézan-Lavardens considéraient ces différentes structures comme les témoins d'une ride unique qui s'articulaient sur le bord occidental de la Montagne Noire.

A Créon, les affleurements les plus occidentaux appartiennent au Cénomanien : calcaires blancs ou jaunâtres à débris de Polypiers et Orbitolines. Plus à l'Est, affleurent des calcaires compacts, ou très recristallisés. Vers Créon, à nouveau, il est possible de dater du Cénomanien des calcaires à Alvéolines, Dicyclines et Milioles.

Ces pointements s'alignent selon une direction W 21° N, et paraissent très froissés.

Les eaux de Barbotan furent exploitées par forages vers 1890. Elles sont sulfurées calciques, à 37°. Les sables aquifères de Barbotan, découverts grâce aux sondages précités ont fourni vers 45 m des Nummulites.
H. DOUVILLE en 1919 y voit Nummulites planulatus LmK, N. biarritzensis d'Archiac formes de l'Yprésien de la Gironde et du Béarn. L. MENGAND fait état d'un sondage, du nom de Daguet, à 600 m au Sud de la source thermale, qui resta jusqu'à 225 m dans une alternance d'argile et de calcaire marneux du Burdigalien lacustre.

L'eau est en provenance certaine des sables de Lussagnet, qui forment en profondeur une auréole aux écailles crétacées de Créon.

D - L'ANTICLINAL DE CREON

Les affleurements de la région de Créon des Landes et de Saint-Julien, sont composés de calcaires cristallins et dolomitiques pointant à travers le sable des Landes.

En liaison avec ces affleurements, apparaît la zone thermale de Barbotan-les-Thermes, dans le Gers, avec jaillissement d'eau sulfurée calcique à 37°.

Les anciens auteurs, qui y ajoutaient vers l'Ouest la ride de Roquefort, et vers l'Est celle de Cézan-Lavardens considéraient ces différentes structures comme les témoins d'une ride unique qui s'articulaient sur le bord occidental de la Montagne Noire.

A Créon, les affleurements les plus occidentaux appartiennent au Cénomanien : calcaires blancs ou jaunâtres à débris de Polypiers et Orbitolines. Plus à l'Est, affleurent des calcaires compacts, ou très recristallisés. Vers Créon, à nouveau, il est possible de dater du Cénomanien des calcaires à Alvéolines, Dicyclines et Milioles.

Ces pointements s'alignent selon une direction W 21° N, et paraissent très froissés.

Les eaux de Barbotan furent exploitées par forages vers 1890. Elles sont sulfurées calciques, à 37°. Les sables aquifères de Barbotan, découverts grâce aux sondages précités ont fourni vers 45 m des Nummulites.
H. DOUVILLE en 1919 y voit Nummulites planulatus LmK, N. biarritzensis d'Archiac formes de l'Yprésien de la Gironde et du Béarn. L. MENGAND fait état d'un sondage, du nom de Daguet, à 600 m au Sud de la source thermale, qui resta jusqu'à 225 m dans une alternance d'argile et de calcaire marneux du Burdigalien lacustre.

L'eau est en provenance certaine des sables de Lussagnet, qui forment en profondeur une auréole aux écailles crétacées de Créon.

Chapitre IV

Ce chapitre expose un certain nombre de cartes d'isobathes et d'isopaques qui sont l'expression synthétique et imagée de l'étude entreprise.
Passons en revue ces documents :

1°) Isobathes du toit du Crétacé supérieur

Cette carte permet d'étudier les différentes vagues que dessine le toit du Crétacé, vagues plus ou moins parallèles aux Pyrénées.
La ligne anticlinale Labrit-Roquefort Eauze limite au nord et au nord-est un bassin qui, par ailleurs, présente des fosses de 1500 mètres, ou de 2000 mètres au nord d'Audignon. Des cassures accidentent ces structures, qui donnent l'impression, dans leur ensemble, d'avoir un flanc nord raide, souvent cassé, et un flanc sud beaucoup plus calme, et de pendage bien moindre.

2°) Isobathes de la base de la molasse

Cette carte est très composite, parce qu'elle comprend, en allant de l'est à l'ouest, des passages constants, et à divers niveaux stratigraphiques, du marin au continental. Tout ceci sera explicité au cours de l'examen que nous ferons des isopaques des divers niveaux de l'Eocène.

3°) Isobathes de la base du Stampien

Elles ont été tracées en utilisant plusieurs critères, qui sont les suivants : transgressivité des terrains de cet âge, qui est manifeste, soit en examinant les logs électriques, soit la sismique. Là où l'Eocène devient molassique, apparition du gypse dans les cuttings de sondage, dénotant un changement climatique, qui se retrouve tout au long de la fosse molassique, jusqu'au méridien de Foix.
Le Stampien commence par des molasses, très argileuses ici, qui passent au sommet à un grès, un falun marin qui s'étend loin vers l'est. La mer se retire tout à fait à la fin de la période stampienne, pour revenir une nouvelle fois à l'Aquitanien.

4°) Isopaques des sables de Lussagnet

Ils s'étendent en direction nord-sud, et prennent rapidement vers l'est une épaisseur importante. Leur âge est ici Lutetien supérieur, vers l'ouest là où ils n'existent plus, ils correspondent aux bancs calcaires, à Nummulites du terrain de cet âge, qui se chargent d'Ouest en Est en éléments détritiques, surtout de quartz.

.../

5°) Isopaques de l'Eocène continental

Existe-t-il au sommet de cette formation quelque peu d'Oligocène continental ? Je suis bien incapable de le dire. Quand on compare les planches 4 et 5, il apparaît que l'Eocène continental, qui se place au-dessus des sables de Lussagnet, va plus loin vers l'Ouest que la limite Nord-Sud figurée sur la planche 4. D'après les coupes sismiques que j'ai consultées, il ne s'agirait pas d'une transgressivité de l'un par rapport à l'autre, mais du fait que le basculement d'ensemble d'Est en Ouest du bassin de piedmont des Pyrénées, ne s'arrête pas au Lutétien, mais se poursuit assez haut dans l'Eocène, et peut-être jusqu'à la fin du Sannoisien. La limite de la mer est encore repoussée de quelques kilomètres vers l'Ouest, mais la nature des sédiments côtiers est différente : du sable, ils passent à une argile, entremêlée parfois de bancs de calcaire lacustre.

6°) Isopaques de l'Eocène marin sous-molassique

La comparaison des planches 5 et 6 permet de se rendre compte de la part que prennent, au sein de l'Eocène, les sédiments marins et continentaux. L'épaisseur des sédiments marins s'accroît notablement vers l'Ouest, et c'est l'inverse en ce qui concerne les sédiments continentaux, signe de ce basculement déjà mentionné, et sur lequel je reviendrai bien des fois.

7°) Isobathes de la base du Miocène

Il s'agit d'un élément d'une carte dessinée, pour un rapport interne SNPA, par M. STOJCIC, géologue de cette société, que je remercie de sa collaboration. Les directions Nord-Sud, que montre ce terrain post-tectonique, faiblement plissé par les derniers mouvements pliocènes, sont manifestes.

8°) Enfin la planche 8, qui montre les principales structures mises en évidence par la Tellurique, dessine bien l'alignement des structures de Brocas-Lalbrit, Roquefort, Eauze, qui limitent notre zone d'étude au Nord et au Nord-Est.

TITRE II

Chapitre IV

1 - Isobathes du toit du Crétacé supérieur Pl 1

2 - Isobathes de la Base de la molasse Pl 2

3 - Isobathes de la base du Stampien Pl 3

4 - Isopaques des sables de Lussagnet Pl 4

5 - Isopaques de l'Eocène continental Pl 5

6 - Isopaques de l'Eocène marin Pl 6

7 - Isobathes de la base du Miocène Pl 7
(d'après STOJCIC)

8 - Croquis structural d'après la Tellurique Pl 8

TITRE II

CONCLUSION

Cette région a été, pendant des millions d'années, prise en écharpe par la limite des eaux et de la terre ferme. Cette limite toujours plus ou moins Nord-Sud, comme elle l'est encore, s'est déplacée au cours des âges, des promontoires, de véritables collines de quelques centaines de mètres de hauteur sont nés, puis ont été effacés par l'érosion. Toute cette animation ne devait représenter qu'une lointaine image de ce qui se déroulait au Sud dans la montagne, sur une toute autre échelle, et aux mêmes époques.

Nous avons assisté, pendant le Tertiaire, à deux types de bouleversements :

1) L'un est très lent, à large rayon de courbure, le niveau des mers se déplace lentement, soit vers l'Est, soit surtout vers l'Ouest. Le fond des mers se rapproche de la surface, les courants sont violents, il peut y avoir absence de dépôts ou érosion. C'est la "condensation" des couches qui accompagne les périodes de régression, que j'aime mieux qualifier de période positive. En effet, la limite de la mer et du continent a constitué, pour les géologues, et jusqu'à une date récente, une importance antropomorphique. Or il existe, non seulement des transgressions marines, mais des transgressions en milieu continental. Non seulement des régressions allant dans le sens mer - continent, mais des régressions en milieu uniquement marin, ou seulement continental. Il en est de même, bien évidemment, pour les discordances. Les mouvements orogéniques liés de près ou de loin à la discontinuité de Mohorovicic ou qui trouvent leur origine dans le manteau, n'ont que peu de rapports avec cet épiphénomène : contact terre - mer.

   Ces mouvements à très large rayon de courbure, il est possible d'en apercevoir la trace à l'aube du Tertiaire et surtout à partir du Lutétien. Ce mouvement positif lent, né à cette époque, se poursuivra jusqu'à l'Oligocène, avec un ralentissement, et peut-être même une phase négative à la fin du Lutétien supérieur (D. BOULANGER) et une accélération positive au Bartonien supérieur. L'axe de ce basculement lent d'Est en Ouest pourrait être Nord-Sud.

.../...

2) D'autres mouvements sont brutaux, liés à des compressions ou des distensions, qui donnent des bourrelets anticlinaux, ou des failles parallèles à la chaîne des Pyrénées. Il est difficile de ne pas y voir les échos d'une symphonie qui se jouait, comme je l'ai déjà remarqué, à l'aplomb de la chaîne. Ces mouvements se sont produits :

a) à l'Ypréso-Lutétien
b) avant le Stampien
c) et, enfin, avant le Miocène ou l'amplitude atteinte a été maximum.

Il semble y avoir indépendance entre les deux types de mouvements analysés au cours des pages précédentes, leur origine, les sources énergétiques qui leur ont donné naissance doivent être distinctes.

TITRE II

ANNEXE

MODELE POST-STAMPIEN DES RIDES D'AUDIGNON ET DE DONZACQ-LOUER

A - J'ai établi une carte en isobathes de la base du Stampien, continental à l'Est, marin à l'Ouest, englobant les rides d'Audignon et de Donzacq-Louer.

J'ai utilisé les profils sismiques, pointés et restitués, et j'ai rattaché ces éléments aux cotes des forages qui ont traversé le contact Oligocène-terrains sous-jacents.

J'ai, d'autre part, prolongé "en l'air" les isobathes ainsi dessinées, ce qui m'a permis de donner une image du modelé Oligocène, tel qu'il devait se présenter à la césure Oligo-Miocène, après l'orogenèse anté-Miocène et avant le processus d'érosion qui sera suivi de l'envahissement partiel par la mer des faluns helvétiens.

La part d'interprétation de l'auteur est importante, à partir de la cote + 100 environ, où il n'y a plus de possibilités de contrôle, puisque les courbes filent "en l'air".

Analysons les différents éléments structuraux qui apparaissent, et que je classerai ainsi :

.../...

1) Anticlinal d'Audignon

Il est régulier, non accidenté de failles sauf à l'Est, vers Geaune, et à l'Ouest, au-delà de Louer, où l'on atteint le pays complexe des dômes triasiques liés de Thetieu et Dax.

J'insisterai içi sur la direction franchement Nord-Sud de certains des accidents du "périclinal" Est d'Audignon.

Cette direction Nord-Sud se retrouve au droit du Trias de Bastennes Gaujacq, et impressionne un bon nombre d'axes anticlinaux et synclinaux, au Crétacé comme à l'Oligocène.

L'anticlinal d'Audignon culminait vers la cote + 800, en forme de pain de sucre, reflet bien probable d'une structure plus ou moins circulaire à noyau de Keuper, très développé.

Les axes oligocènes sont nettement décalés vers le Sud par rapport aux axes crétacés, et la faille Nord d'Audignon, nette en bien des points au Crétacé supérieur, est ici complètement oblitérée.

2) Tache triasique de Bastennes Gaujacq

Je n'ai eu aucune peine à en faire disparaître l'expression. Cette "tache" ne paraît avoir aucun rapport avec les dômes salifères de Thetieu, Dax et de Benesse, si expressifs dans la topographie Oligocène. C'est un argument de plus pour ceux qui estiment que le Trias de Bastennes n'est que faiblement enraciné, par un pédoncule étroit, malgré son expression vigoureuse dans la morphologie.

3) Anticlinal de Donzacq-Louer

Il fait partie de ce domaine complexe, qui limite Audignon à l'Ouest. Son flanc Nord assure une relation étroite du dôme de Louer et de l'anticlinal d'Audignon.

.../...

Comme on le voit, la tectonique ante-Miocène a été vive, elle a permis de faire apparaître des reliefs de près de 1000 mètres au Centre du Bassin d'Aquitaine.

B - Il apparaît que le continent aquitain ne cesse de se soulever en voussoir à large rayon de courbure jusqu'à la fin de l'Eocène supérieur, et peut-être au-delà. La transgression du Stampien, et la discordance qui manifeste les mouvements ante-stampiens, apparaissent en milieu continental, surtout vers l'Est. Les "phases" tectoniques se situent à l'ante-Stampien et l'ante-Miocène.

TITRE III

INTRODUCTION

J'ai limité une zone définie par une carte au 1/200 000e de superficie convenable, et qui permet de saisir les passages du faciès marin au continental des séries tertiaires, dans leur ensemble. Elle complète donc, à cet égard, les éléments d'information acquis grâce à l'étude qui a fait l'objet du titre II.

A l'Ouest et au Nord, cette zone comprend les accidents triasiques de Cagnotte, Clermont, Dax, Gaujacq, les anticlinaux d'Audignon, de Nogaro, Riscle, Lussagnet, Bassoues, elle renferme par ailleurs le long et sinueux anticlinal d'Antin-Maubourguet-Garlin, l'anticlinal de Pau et celui de Lacq. C'est dire le nombre de forages qu'elle comporte et l'activité sismique soutenue dont elle a été le théâtre.

La masse de documents dont je dispose m'a amené à traiter au 1/100 000ème la région de Lacq et les abords de l'anticlinal de Ste-Suzanne, ainsi que le pays au Sud de Pau et de Tarbes.

Il est d'autre part, plus facile d'étudier ainsi, ce que deviennent les divers horizons cartés, lorsqu'ils affleurent, au Sud, vers la chaîne des Pyrénées.

Le titre III comprendra les chapitres suivants :

Chapitre I : Bases.

Chapitre II : Le réseau des mailles sismiques et des sondages.

Chapitre III : Liaison avec les affleurements.

Chapitre IV : Présentation des cartes d'isobathes et d'isopaques.

Conclusion

Annexe : La paléogéomorphologie.

.../...

La conclusion tentera de rassembler les notions acquises, et dessinera les grands traits, et les vicissitudes au cours du Tertiaire post-lutétien moyen à supérieur de cette immense zone d'alluvionnement dont les éléments, en provenance du Massif Central ou des Pyrénées, ont couvert de si vastes espaces. Il sera, d'autre part, fait mention assez brièvement, des évènements qui se sont produits au cours de l'Eocène inférieur à moyen, dont les dépôts sont essentiellement marins.

Il faut répéter que je n'attache pas une importance particulière, au fait de l'occupation de la mer, sur un territoire donné. L'histoire de l'écorce terrestre, qui est sûrement conditionnée par des phénomènes qui se situent au niveau de la discontinuité de Mohorovicic, et au delà, n'est évidemment pas liée au niveau des mers, du moins d'une façon formelle.

Si je m'attache particulièrement à l'étude des formations continentales, c'est que j'ai trouvé là un terrain en friche sans intérêt pétrolier apparent, et que les géologues des sociétés pétrolières ont laissé de côté, mais sur le plan simplement scientifique, l'histoire de la chaîne se trouve écrite, à l'envers, dans les sédiments arrachés par l'érosion aux structures produites par l'orogenèse.

TITRE III

CHAPITRE I

LES BASES

J'ai choisi quatre régions, qui se caractérisent par l'existence de forages rapprochés, dont les diagraphies peuvent se corréler entre elles, ou par une coupe sismique parlante, illustrée par forage.

Il s'agit d'abord des sondages dont la structure périclinale de Clermont a été le prétexte plus ou moins lointain. Et ceci constituera l'ensemble analysé ci-contre sous le vocable "de Cagnotte 1 à Estibeaux 1".

Une seconde zone d'intérêt particulier est fournie par la coupe de sondages Morlaas 1 - Pau 3 - Andoins 1 - Pau 7. Bien que les diagraphies afférentes à ces sondages soient de qualité inégale, de grands progrès techniques ayant été réalisés entre l'époque où a été foré Pau 3 et Pau 7 vers 1950 et 1970, année où a été exécuté Andoins, il est possible de tenter des corrélations fructueuses et expressives, que la coupe sismique PT 101 illustre par ailleurs.

Les sondages de Senac 1, Bazillac 1 et Maubouguet 1, très proches les uns des autres, donnent des images comparables.

Enfin la coupe Au 14, appuyée par le sondage Audignon Craelius 2, met bien en évidence la discordance stampienne, ainsi que d'autres événements au sein de l'éocène.

I - DE CAGNOTTE A ESTIBEAUX

Je vais, au cours d'une première partie, présenter un examen diagraphique critique d'un certain nombre de sondages de la région. Une deuxième partie examinera particulièrement les corrélations qu'il est possible d'établir entre Clermont 1 et Clermont H 1.

A - Les coupes de sondage, et les diagraphies que je vais analyser, sont présentées à l'échelle du 1/5 000 ème. Elles permettent de comparer, d'Ouest en Est, l'allure des séries du Stampien, là où les faciès marins et continentaux des terrains de cet âge s'imbriquent capricieusement ;

.../...

une seule constante : le sommet du Stampien, calcaire gréseux à Nummulites et Operculines, est toujours comparable à lui même. Il marque, semble-t-il, le maximum de la transgression.

Ces sondages sont situés au Sud de la ride de Clermont, qui fait suite au dôme triasique de Benesse, parfois vers le sommet de cette ride, ou sur son plongement périclinal Est comme Estibeaux, ou même sur son flanc Nord, vers le synclinal de Hinx, comme Clermont 7.

L'anticlinal de Clermont, dans lequel le Trias injecté le long d'un accident de direction Est Ouest, joue un rôle important, a été l'objet de forages nombreux. Des espoirs, en effet, étaient nés à la suite de la découverte, à Clermont 2, d'une lentille sableuse de l'Albien de faciès basque, imprégnée d'huile.

D'autre part, l'extrémité Ouest du Bassin d'Arzacq, là où des accidents de déchirement NNW le limitent au contact, vers l'Ouest, de la zone haute de Saint-Lon, a fait l'objet des sondages de Cagnotte, dont un seul, Cg 101, nous intéresse.

La coupe Cagnotte 101, Pouillon 101, Clermont 3, 2, Clermont H1; Estibeaux 101, Clermont 7 permet de définir, au-dessus du Bartonien, une série stampienne, qui comprend un épisode continental épais de quelques centaines de mètres, inséré entre deux séries marines à Lépidocyclines.

La série marine inférieure perd de l'importance en allant vers l'Est et disparaît au sein du continental. La série marine supérieure affleure largement autour du village de Gaas, en particulier, et a été longuement décrite et commentée par de nombreux auteurs.

Cette coupe présente les particularités suivantes :

1) A Cagnotte 101, des écailles de Dévonien et de Trias sont, tout d'abord, traversées, avant de rencontrer un dépôt continental puis des séries marines à Gypsinidées, qui surmontent l'Eocène supérieur marin.

.../...

2) Le sondage de Cl Hl a été carotté abondamment, les diagnoses des carottes jusqu'à la cote 600 figurent en annexe. Il apparaît que les sédiments marins de l'Oligocène reposent sur l'Eocène supérieur, la limite des deux terrains se place à 526 mètres de profondeur. Il existe donc, à l'Oligocène, deux ensembles de couches marines, l'un au sommet, et l'autre à la base séparé par un épisode continental, dont l'importance s'accroît d'Est en Ouest. L'épaisseur de cet épisode est environ de 400 mètres dans la région de Cagnotte Pouillon, et n'atteint plus que 200 mètres vers Estibeaux.

La barre marine du sommet, qui correspond à celle qui affleure dans la région de Gaas, est un caractère constant du Stampien dans toute la région occidentale du bassin de l'Adour. Elle a pu être datée du Stampien à Gaas, et il semble bien qu'un âge semblable doive être assigné à la barre marine inférieure, dont la présence à Cagnotte 101 et à Clermont Hl est affirmée : à Cagnotte 101, il ne peut y avoir de retombées d'Oligocène marin en provenance de la barre supérieure, puisqu'elle a disparu par un effet de rabotage tectonique. A Clermont Hl ce sont les carottes de 483 à 526 qui montrent, avec du lignite et du quartz, des Halkyardia, Lepidocyclines, Nummulites, toute une faune remaniée par la transgression stampienne, mais la présence de Lepidocyclines est un gage de l'âge oligocène des carottes concernées

CAGNOTTE 101 foré en 1959

0 - 88 m : marne du Sénonien, et Trias injecté de 72 à 77 m argile lie-de-vin, quartz bipyramidés.

de 88 à 514 m : c'est une argile à bancs de calcaire lacustre, et éléments de calcaire siliceux. Le faciès est continental.

514 - 623 m : marne un peu ligniteuse qui passe ensuite à un calcaire graveleux gréseux à Miliolidés Nummulites intermédius et Melobésiées. C'est un faciès marin du Stampien, bien qu'il s'agisse d'une détermination sur cuttings, aucun élément de ce genre n'existe dans ce puits au-dessus des argiles continentales puisque l'écaille de Crétacé et de Trias, par lequel le forage débute, occupe les niveaux marins habituels du sommet du Stampien, qui sont communément rencontrés dans tous les autres forages de la région.

.../...

Ces grès marins stampiens reposent sur un Eocène supérieur, sans doute Bartonien, de 623 à 681 m, qui fait place ensuite au Lutétien, alternance de bancs de calcaire gréseux subordonnés, et d'argile à Nummulites, Discocyclines.

Le sondage POUILLON 101 foré également en 1959, présente la coupe suivante : sous une molasse miocène, qui va jusqu'à 92 m, le stampien gréseux et argileux, marin, se poursuit de 92 à 160 m. Puis c'est une argile jaunâtre, sableuse avec de fines intercalations de calcaire gréseux, peu consolidé à Nummulites, Operculines, Characées. Il y a aussi des passées de lignite. C'est un faciès qui souligne des allées et venues fréquentes de la mer. A la base, vers 590 m apparaît dans les cuttings un calcaire gréseux, graveleux, que j'assimilerai au niveau 514 m de Cagnotte 101. Les coupes des sondages de Clermont 3 (1956-57) de Clermont 2 (1956-57) sont très analogues. Clermont H1 a été étudié à part, en liaison avec Clermont 1 et sur les diagraphies à l'échelle du 1/2 000 ème.

ESTIBEAUX 101 a été foré en 1960. Sous 189 m de Miocène, argile gris jaune à éléments calcaires, apparaît un calcaire gréseux, en bancs entremêlés d'argile, auquel fait suite un ensemble surtout marneux. A la base, un dernier banc de calcaire gréseux est le représentant du niveau marin de base dont nous avons pu déceler la présence à Cagnotte 101 et à Clermont H1.

CLERMONT 7 montre un Stampien plus marin dans son ensemble : nous nous déplaçons vers le Nord, vers la fosse de Hinx, et la coupe obtenue est très comparable à celle qui est décrite à l'occasion de l'étude de ce dernier forage.

CONCLUSIONS

Les corrélations que j'ai été amené à établir figurent sur le tableau de diagraphies ci-joint. Elles font apparaître :

1) l'existence d'un niveau marin à l'extrême base du Stampien, démontré à Cagnotte 101 et Clermont H1, où ce niveau, microconglomératique, riche en lignite, contient cependant quelques Lépidocyclines. A ce sujet, il convient de se montrer très prudent sur l'existence de faunes du Bartonien

.../...

ou du Lutétien dans des niveaux détritiques, alors que les corrélations de diagraphie, où la sismique, ou même le simple bon sens postule un âge Stampien. Les phénomènes de remaniement en Aquitaine sont choses fréquentes, là où il existe une coupure brutale des phénomènes sédimentaires, que ce soit en milieu marin ou continental ; il y a déjà longtemps que J. CUVILLIER et J. DUPOUY - CAMET ont insisté sur ce fait (1).

2) Il existe une différence d'épaisseur entre les coupes de Cagnotte et de Pouillon, d'autre part, et celles des autres forages de la ride de Clermont, en ce qui concerne le Stampien. Il est possible qu'il s'agisse d'un simple phénomène d'ordre sédimentaire. Les diagraphies ne permettent pas d'en dire plus. Compte tenu de l'érosion ante-Miocène, les épaisseurs du Stampien sont les mêmes dans les autres forages.

3) Je n'ai pas tenté de corrélations dans les séries de l'Eocène supérieur. Elles me paraissent difficiles, le polymorphisme des terrains de cet âge est constant. L'intrication des bancs calcaires et argileux est la règle. Il existe cependant une dominante plus calcaro gréseuse au Lutétien supérieur et au Bartonien. L'apport détritique est plus net.

---

(1) J. CUVILLIER et J. DUPOUY-CAMET 1947
C.R. SOM. S.G.F. 19 Mai et 16 Juin.

CLERMONT 1 - CLERMONT H1

Clermont H1 a été foré en 1946-47 par la S.N.P.A. 22 carottes ont été prélevées, de l'Oligocène au Lutétien supérieur. Il s'agit donc d'un repère précieux.

Clermont 1 date de 1956-57 et Nassiet, plus récent, ont été forés par l'ERAP en 1969-70.

L'étude des 22 carottes de CCH1 a été effectuée au laboratoire du Centre de Recherches de la S.N.P.A. Je ne mentionnerai pas le détail des diagnoses des 12 premières carottes (jusqu'à la cote 439 en descendant) sous un calcaire gréseux à Nummulites et Operculines, viennent des marnes bleues encore marines, puis des argiles jaunes et violacées, sans faune. Faciès lacustre. La carotte 13 (450-451,90) montre une argile bleue à faciès lacustre, dont le lavage, azoïque, donne de la pyrite et du quartz détritique abondant. La carotte 14 (483,20 à 486,20) est une argile noire très ligniteuse, qui au lavage, livre de nombreux débris détritiques et microconglomératiques, des débris de tests de Bivalves, petits Gastropodes, Bryozoaires, avec de nombreux éléments roulés et remaniés, mais où il y a encore quelques rares Lepido-Cyclines. La carotte 15 (506,15 à 508,13) est une argile noire très ligniteuse, contenant de nombreux quartz détritiques et de la muscovite abondante. La carotte 16 (529,37 à 552,50) est un sable argileux gris, très micacé. C'est un microconglomérat de galets arrondis et usés de roches diverses. Nummulites et Foraminifères, roulés et brisés, de l'Eocène supérieur. Je suis amené à placer la base du Stampien à ce niveau.

De 483 à 530, nous avons un terrain, dont les éléments, arrachés à l'Eocène, montrent l'arrivée brutale de la mer stampienne, aussitôt suivie d'une régression, et de l'instauration d'un régime lacustre, avant la seconde pulsation, plus nette, plus marine, de durée bien plus considérable, des calcaires du sommet du Stampien.

Clermont 1 n'a pas été carotté dans ces niveaux, et montre avec CCH1 les corrélations ci-dessus exprimées.

II - LES SONDAGES DE MORLAAS 1 - PAU 3 - ANDOINS 1 - PAU 7 ET LA COUPE SISMIQUE PT 101 QUI LES RELIENT

A) Examen des diagraphies

Ces sondages forment une coupe Nord-Sud, d'une dizaine de kilomètres, à travers la structure de Pau.

Morlaas 1 : Foré en 1959, par Esso-Rep.

0-190 m : Argile jaune-ocre et conglomérats à galets calcaires ou siliceux, à débris coquilliers silicifiés. C'est le Miocène, post-orogénique, à peu près horizontal.

190-580 m : Formation rythmique, les passées de conglomérats, de 30 à 40 mètres d'épaisseur, sont séparées par des intervalles de 40 à 50 mètres d'argile ocre sableuse.

580-636 m : Bancs de calcaire silicifié beige-clair, argile ocre. Ce niveau pourrait se situer à la base du Stampien.

636-760 m : Formation essentiellement conglomératique jaune-ocre, avec de fines passées d'argile plastique jaune. Vers la base, des bancs de calcaire crayeux blanc tendre. Cet ensemble 636-760 m serait l'équivalent des poudingues de Palassou, de l'Eocène supérieur.

760-827 m : Ensemble essentiellement argileux, avec quelques bancs détritiques ou calcaires, très subordonnés, mais plus importants au sommet de la formation.

827-877 m : Zone des alternances, argile grise sableuse et bancs de grès plus ou moins fins à nombreux débris coquilliers, petits Lamellibranches et Gastéropodes. En particulier, de 870 à 877 m c'est un banc de calcaire à débris d'Huîtres. Les argiles sont grises, il n'y a pas de Foraminifères, mais l'oxydation intense des horizons de la Molasse ne s'est pas manifestée. C'est le dernier épisode marin côtier très néritique, avant l'instauration définitive du régime continental.

.../...

877-985 m : "Sables de Lussagnet", roux, fin à grossier, en deux horizons séparés par une dizaine de mètres d'argile rouge.

Vers 985 m apparaissent les grès gris peu consolidés à Nummulites, Operculines, Alvéolines, Discocyclines, avec des bancs d'argile grise qui existent seuls vers 1015 mètres. C'est l'Ypréso-Lutétien.

Le faciès régressif classique des grès à Nummulites lutétiens aboutit, là comme ailleurs, au dépôt des "sables de Lussagnet", dunes de sable à la limite du marin et du continental.

Pau 3 a été exécuté par la S.N.P.A. en 1951 et s'est terminé en 1953.

Il est possible de faire les subdivisions suivantes :

0-40 m : Alluvions.

40-174 m : Argile jaune-ocre à galets, surtout Crétacé inférieur et Jurassique, c'est le Miocène 1.

174-414 m : C'est la même formation qui a été recoupée à Morlàas 1.

De 190 à 580 m : Elle présente le même caractère de rythmicité.

414-529 m : Argile ocre, avec bancs de calcaire et de grès. C'est l'équivalent à Morlàas 1 de la série 580-636 m.

529-620 m : Conglomérat, qui se corrèle avec Morlàas 1 de 636 à 760 m. Beaucoup de galets, de Crétacé supérieur.

620-725 m : Ensemble essentiellement argileux.

Les sables de Lussagnet, en deux horizons sableux, séparés par un intervalle argileux vont de 725 à 818 m, soit 93 mètres d'épaisseur, contre 108 mètres à Morlàas.

Les zones des alternances, à cachet marin de 827 à 877 m à Morlàas 1, semblent manquer à Pau 3.

.../...

Les grès à Nummulites, prennent un développement assez spectaculaire.

La faune est composée ainsi :

N. Guettardi abondantes
N. praelucasi
N. parvus
Assilina Leymeriei
Alveolina oblonga
Discocyclines.

D'après les diagraphies électriques, cette série présente une centaine de mètres de puissance, avec de nombreuses intercalations argileuses.

La comparaison des diagraphies de ces deux puits permet d'établir les conclusions suivantes :

1) De Morlàas 1 à Pau 3, la base du Miocène remonte légèrement. Elle passe de la cote + 118 à la cote + 148.

2) Le Stampien discordant ne paraît pas aussi compacté que les terrains sous-jacents : le Sonic de Morlàas 1 prouve, en effet, qu'il existe un gradient de vitesse, appréciable à l'oeil, et qui s'atténue fortement au contact oligocène éocène supérieur.

3) L'Eocène supérieur, à Morlàas, laisse voir, à son sommet, une zone de bancs conglomératiques (poudingue de Palassou), qui existe à Pau 3 mais qui est érodée à son sommet par suite de la transgression du Stampien.

4) Au-dessus des sables de Lussagnet, un peu plus épais à Morlàas, il est possible de corréler l'intervalle 620-725 Pau 3 à 766-877 Morlàas. Et l'on oboutit à la conclusion suivante : la "zone des alternances" 827-877 de Morlàas à cachet marin, est devenue à Pau 3 entièrement argileuse et continentale. Le passage latéral de faciès de l'un à l'autre est, en effet, la seule explication possible. Une allure légèrement discordante de cet intervalle sur le "sable de Lussagnet" n'est pas à exclure.

.../...

5) Le "sable de Lussagnet" semble être le stade ultime d'un épisode régressif qui s'amorce avec l'apparition de bancs de grès gris peu consolidés à Nummulites, au sein d'une argile grise, du type de celle qui caractérise l'Ypréso-Lutétien.

Andoins 1

C'est un sondage très récent, foré par la SNPA en 1970. Nous disposons de diagraphies complètes sous la cote 135,30 où a été posé le premier casing.

Au-dessus du grès à Nummulites (GN) bien développé, viennent les "sables de Lussagnet" (SL) de 371 à 292, sable moyen à grossier, translucide, mat, arrondi à subanguleux, avec de fines passées d'argile.

De 292 à 220 m nous retrouvons la zone argileuse (ZA) avec intercalations de bancs plus durs.

La base du Stampien, transgressif, pourrait se placer à 220, il se poursuivrait jusqu'à la cote 172, où vient le Miocène continental post-orogénique.

Pau 7, foré en 1952-53 montre une section encore plus réduite, des mêmes terrains.

Sur les grès à Nummulites, bien développés, le sable de Lussagnet a 72 m d'épaisseur, de 200 à 272. Puis vient un peu de calcaire et argile de l'Eocène continental et le Stampien, s'il existe, pourrait être représenté de 132 à 162.

La base du Miocène pourrait être située vers 132.

B) La coupe sismique PT 101

Cette coupe profondeur met bien en évidence la discordance du Miocène sur l'ensemble des terrains molassiques. La discordance stampienne est moins accusée.

III - LES SONDAGES DE SENAC 1 - BAZILLAC 1 - MAUBOURGUET 1

Les sondages de SENAC et BAZILLAC ont été forés en 1968-69. MAUBOURGUET, sensiblement plus tôt, en 1958 et la facture des diagraphies s'en ressent. Ce sondage possède d'ailleurs, pour la Molasse, un carottage en normale et inverse, et un log sonique.

A SENAC et BAZILLAC, nous disposons d'un log sonique, d'un diamétreur au P.S. et d'un latérolog pour SENAC, d'une normale catérale pour BAZILLAC et de gamma ray neutron.

Les logs soniques de BAZILLAC et de SENAC montrent un gradient léger, une augmentation de la vitesse en fonction de la profondeur, qui est une caractéristique fréquente de la Molasse oligocène, dont la base se situerait en conséquence à 778 à BAZILLAC et à 638 à SENAC. Un banc épais, rapide, sans doute calcaire, limite la formation. Le gypse apparaît, à partir de cette cote, dans les cuttings des deux puits : il est signalé par les géologues de sonde.

Jusqu'au sommet des sables de Lussagnet, atteint à 1215 m à BAZILLAC et 1080 m à SENAC, je tenterai les subdivisions suivantes :

778 - 900 BAZILLAC
638 - 780 SENAC

Marnes très largement dominantes. Quelques bancs minces de grès ou de calcaire.

900 - 975 BAZILLAC
780 - 850 SENAC

Abondance de bancs de grès épais - Marnes subordonnées.

975 -1100 BAZILLAC
850 - 968 SENAC

Marne à nouveau largement dominante, sauf à la base, où sur une épaisseur de 25 mètres, existent des bancs de sables et de grès.

1100 -1215 BAZILLAC
968 -1080 SENAC

Argile grise à versicolore tendre avec quelques bancs de sables grossiers et microconglomératiques.

.../...

Le sable de Lussagnet, translucide, fin à grossier, parfois conglomératique en deux épisodes séparés par une trentaine de mètres d'argile grise plastique, est épais de 115 mètres dans les deux forages.

Il surmonte, comme il est d'usage, les "grès à Nummulites" épais d'une cinquantaine de mètres.

MAUBOURGUET 1 présente une coupe très comparable. Les documents diagraphiques sont cependant moins expressifs. La planche n° montrant les corrélations qu'il est raisonnable de faire, et sur lesquelles je ne m'étendrai pas.

Il est intéressant, par contre, d'examiner le comportement du "sable de Lussagnet", et c'est la comparaison des diagraphies soniques de Sénac et de Maubourguet, qui va me permettre de le définir : il est possible de corréler dans l'Eocène inférieur :

SENAC 1	MAUBOURGUET 1
1320	1278
1280	1240
1245	1190

Le sommet du sable est à 1195 m à SENAC et à 1060 m à MAUBOURGUET.

Sa base paraît se situer à 1158 m à MAUBOURGUET 1, qui se compare à 1080 m SENAC, toujours avec le Sonic. L'épaisseur des sables serait donc de 115 m à SENAC, et de 98 mètres à MAUBOURGUET. Et c'est le sommet supérieur du sable qui manque, à MAUBOURGUET, en effet, la passé argileuse intermédiaire qui s'intercale d'ordinaire au sein du sable est presque directement recouverte par la base de la formation.

Argile sableuse supérieure, qui paraît bien transgressive sur le sable de Lussagnet. Là aussi il y aurait un certain caractère transgressif de la "zone des alternances", comme à Clèdes et à Castelnau-Tursan.

Nous retrouverons en de nombreux points ce caractère, propre au Lutétien supérieur élevé, et que D. BOULANGER a signalé dans sa thèse.

IV - AUDIGNON CRAELIUS 2

Ce petit sondage, stratigraphique, a été exécuté en 1957 par la SNPA sur le flanc Sud de l'anticlinal d'Audignon.

Nous disposons d'une diagraphie électrique, de la coupe lithologique, et de la coupe profondeur sismique Au 14. Analysons ces différents documents.

Sous 62 mètres d'argile continentale miocène, apparaissent des argiles ocre, plus indurées qui comprennent des bancs de calcaire fin, beige, lacustre de 152 à 158, la sonde pénètre dans le Lutétien marin à 301, sous forme de marne à passées de calcaire argileux gris, et nombreux débris coquilliers. Vers la base du Stampien, soit de 210 à 301, c'est une alternance de marnes grises sableuses et de grès calcaires à Nummulites fichteli MICHELOTTI et Halkyardia minima LIEBUS.

lutétienne
La faune/comprend des milioles, alvéolines, orbitolites. Cette formation se poursuit jusqu'à 450 m, cote d'arrêt du sondage. Si l'on examine la coupe profondeur Au 14, il est possible de faire les remarques suivantes :

1° - La base du Miocène continental porte la marque d'une discordance importante.

2° - La base du Stampien lacustre et marin se suit très bien. Cet étage est discordant et transgressif sur tout le reste.

3° - Une autre discordance est manifeste : c'est celle du Lutétien supérieur sur l'Eocène. Vers le Sud, ce trait ne tarde pas à disparaître sur les coupes sismiques que nous possédons.

4° - A partir de 382 m, et jusqu'au toit du Crétacé supérieur, les séries sont parfaitement concordantes.

Le Crétacé supérieur remonte vers le Nord, et affleure largement sur la structure d'Audignon.

.../...

TITRE III

CHAPITRE II

LA TRAME DES PROFILS SISMIQUES ET DES SONDAGES

Ce chapitre comprendra trois paragraphes :

Le premier, rassemblera les analyses de diagraphies que j'ai effectuées avec les corrélations correspondantes de puits à puits. Il sera parfois donné, comme pour les sondages de Lacq, quelques coupes sismiques qui illustreront et appuieront les corrélations.

Le second paragraphe étudiera et décrira les coupes sismiques profondeurs, à l'échelle du 1/50 000e qui sont par ailleurs habillées, c'est-à-dire où l'interprétation géologique des miroirs et de leur enchaînement a été effectuée. Ce travail a été fait par moi. Le pointé des réflexions et leur restitution sont l'oeuvre de géophysiciens de la SNPA.

Le troisième paragraphe, enfin, dira un mot au sujet de deux coupes exécutées par sondages électriques à travers le bassin d'ARZACQ.

Je vais relever, ci-après, la liste des sondages, et celle des coupes sismiques que je présente à l'attention du lecteur.

Je les citerai en balayant la zone étudiée par le présent titre, d'Ouest en Est :

A) SONDAGES

Castetner 1 - Orthez 2 - Castetis
Nassiet 1
Le flanc nord de Lacq
Arbus 1 et 2 - Abos

.../...

Baysère 1 - Canteloup

Pont d'As 3 - St. Faust 3 - 4 - Lons 1 - Pau 4

Sondages de Garlin

Lusson 1 - Lembeye 1

Thèze 201 - Thèze 1

Clèdes 201 - Castelnau Tursan 101 - Geaune 1 - Audignon 6

Vielle Adour 1 - Arcizac 1

Tournay 1

Ossun 1 et 2

Lamayou 1 - Ger 1

Laméac 1

Sombrun 1

L'emplacement de ces sondages est reporté en gros caractères, ainsi que la position des coupes sismiques, sur le plan joint à ce chapitre.

B) COUPES SISMIQUES

Ces coupes sont toutes à l'échelle du 1/50 000. Elles ont été pointées et restituées par les services géophysiques de la SNPA, et interprétées par moi. J'ai étudié l'ensemble des coupes qui figurent sur le plan de position, et pas seulement celles que je présente. Le choix de ces coupes a été dicté par deux sortes de contraintes : j'ai, d'une part, tenté de sélectionner les meilleurs échantillons, et d'autre part, d'avoir une couverture spatiale convenable.

Un certain nombre de failles de distension liées peut-être à l'ouverture du golfe de Gascogne, peuvent être étudiées sur les profils MRIU.

Le Miocène est figuré en couleur bleue. Il est aisé de voir qu'il recouvre en discordance l'ensemble des autres terrains. Il a été faiblement ployé par l'orogenèse anté-pontienne.

En ce qui concerne le Stampien, qui a évidemment été repris par l'orogenèse anté-miocène, la discordance régionale de ce terrain est sensible.

Les mouvements ypréso-lutétiens peuvent s'observer sur un certain nombre de sections. Et l'examen de l'ensemble de celles-ci permet d'arriver à la conclusion suivante :

Il y a eu trois étapes orogéniques importantes, assez brutales, et , semble-t-il localisées dans le temps.

De la plus ancienne à la plus récente, ce sont :

1) Orogenèse ypréso-lutétienne et la surface sur laquelle s'est déposé le sable de Lussagnet reste très parallèle à la surface sur laquelle s'est faite cette transgression.

2) Orogenèse stampienne.

3) Enfin, l'orogenèse majeure, anté-miocène.

Le passage des faciès marins aux faciès continentaux est lié au dépôt du sable de Lussagnet, n'apparaît pas sur les coupes sismiques comme une étape orogénique. C'est une simple variation du niveau de la mer, les fonds marins, au lieu de varier de la cote -200 à la cote -100, ont passé le seuil 0, qui n'a pas de signification géologique réelle.

III - En 1960, une campagne de sondages électriques a été réalisée, selon deux profils. L'un de ceux-ci partait d'Audignon 4 vers le Sud, le deuxième reliait Lacq 126 à Castelnau Tursan 1 et Geaune 1.

Ils ont permis d'établir que les Sables de Lussagnet, ou peut-être la zone des alternances, connus à Geaune et Castelnau, passent vers le Sud aux calcaires à Nummulites de La. 126, datés du Lutétien supérieur.

Ces données viennent confirmer celles que nous possédions par ailleurs, à l'aide de l'étude des diagraphies de sondages faites au cours du Titre II, sur les sondages du Nord de l'anticlinal d'Audignon.

CASTETNER 1 - ORTHEZ 2 - CASTETIS 1

Ces sondages, tous exécutés par la S.N.P.A., sont placés en différents points de la bordure de l'accident chevauchant de l'anticlinal de Sainte-Suzanne, au Nord de celui-ci. Orthez 2 a recoupé sur 270 mètres une écaille renversée de calcaire du Lutétien supérieur, entraînée par la faille frontale de Sainte-Suzanne. Et ce même calcaire a été ensuite recoupé par ce forage, mais en position normale, sous la Molasse, à 924 mètres.

Castetner 1 et Orthez 2 sont des sondages anciens, comme l'atteste la qualité de leurs diagraphies. Ils remontent à l'année 1952. Par contre, Castetis 1 est récent (1969) et nous disposons de diagraphies modernes et en particulier d'un Sonic.

Castetis 1 a rencontré, sous la Molasse, à 824 mètres, le calcaire du Lutétien supérieur, comme Orthez 2, mais il existe de 824 à 839 mètres, à Castetis un niveau gréseux, grès moyen à grossier, jaune-ocre, avec du lignite, des galets empruntés au substratum, et des Nummulites remaniés. Il est possible que ce niveau existe également à Orthez 2. Il est lié à la régression de l'Eocène, qui se situe ici à la fin du Lutétien supérieur.

Une zone de base, à Orthez 2 comme à Castetis, pourrait rappeler la zone des alternances (ZAL).

En tous cas, les cycles sédimentaires de la Molasse stampienne se notent remarquablement bien sur les diagraphies de Castetis en particulier. Le Sonic montre un accroissement régulier de la vitesse, du haut vers le bas, et c'est un des critères qui permet de différencier la Molasse oligocène de l'Eocène.

A Castetner 1, sous une marne argilo-sableuse jaune à passées de graviers, qui s'étend de 0 à 63 mètres (c'est le Miocène), vient jusqu'à 428 mètres une argile très sableuse entremêlée de bancs de grès et calcaires gréseux à Milioles et Discocyclines remaniées. Il semble exister, vers la base, des passées plus détritiques, à comparer avec celles qui existent à Orthez 2 et Castetis 1, au même niveau.

NASSIET 1

Ce sondage a été exécuté en 1970 par l'ERAP, sur le flanc Sud-Est du dôme de Bastennes Gaujacq.

La molasse, marne et argile plus ou moins sableuse, repose à 405 mètres sur le calcaire du Lutétien moyen à supérieur, qui se présente comme un calcaire gréseux, graveleux, zoogène, du même faciès que les calcaires de même âge, que l'on rencontre sous la molasse, au droit de l'anticlinal de Lacq. Il n'existe pas de "Sable de Lussagnet" à la base de la molasse, pas plus ici que là. Si l'on examine les diagraphies qui comprennent un sonic et un gamma ray, il est possible de faire les remarques suivantes :

0 - 128 m : argiles à galets miocène
128 - 390 m : molasse stampienne. Il existe un gradient continu de vitesse, tout au long de cette molasse.

De 390 à 405 m existe une zone de remaniement du calcaire sous-jacent par la molasse.

A 405 m, commence le calcaire lutétien.

LE FLANC NORD DE LACQ

Un certain nombre de forages de Lacq, situés sur le flanc Nord et Nord-Est, permettent de tenter certaines corrélations sur les diagraphies exécutées dans la Molasse, ainsi que dans l'Eocène marin, auquel elle est superposée.

J'ai choisi également trois profils sismiques, HA1T1, HA1U3 et AZ101, parmi bien d'autres, qui mettent en évidence les traits caractéristiques des relations de l'Eocène marin et de la Molasse continentale.

Il n'existe pas de "sable de Lussagnet" dans cette région. Les calcaires du Lutétien moyen à supérieur reposent directement sous la Molasse. Ces calcaires sont particulièrement bien développés à La 121, La 106 et La 126. Le géologue de sonde en donne les descriptions suivantes :

La 121, alternance de calcaire cristallin à Nummulites, Disco-cyclines et de Marnes finement gréseuses à Globorotalia et Globigerines.

La 106, calcaire un peu gréseux à Nummulites et Discocyclines.

La 126, calcaire gréseux à Nummulites et Alvéolines.

Il semble donc que le calcaire se charge en particules détritiques, sableuses, en allant de l'Ouest vers l'Est.

La Molasse peut se subdiviser en Stampien et Eocène supérieur. Les coupes sismiques HAT1, HA1U3 et AZ 101 montrent d'ailleurs la discordance, faible mais nette, qui existe entre la base du Stampien, rattachée par ailleurs à la région de Clermont et Gaas, par le jeu des coupes sismiques, et la Molasse éocène. Cette Molasse éocène présente un faciès "électrique", particulièrement caractéristique à La 127, 126, 125 et 108, où il est possible de distinguer à la base une zone des alternances (ZAL) plus ou moins nette et développée, et une zone argileuse (ZA) qui surmonte la précédente.

.../...

L'examen des coupes sismiques permet, d'autre part, de faire un certain nombre de remarques fondamentales :

1) Le Stampien est comme je l'ai déjà dit, discordant sur la Molasse éocène.

2) Un niveau, au sein des séries marines éocènes est discordant sur les termes inférieurs marins de l'Eocène. Il s'agit là de ce que j'appelle, dans le cours de ce travail, et sans autrement préciser, la discordance ypreso-lutetienne.

3) La base de la Molasse éocène est à peu près parallèle à la base de cette discordance ypreso-lutetienne. Il y a, au Lutétien, exondation de tout le pays, sans mouvement autre que positif, de bas en haut, ou modification d'ensemble du niveau de la mer.

Ces coupes suggèrent donc une orogenèse ante ypreso lutétienne, une modification du niveau marin après le Lutétien moyen à supérieur, une orogenèse ante stampienne.

ARBUS 1 et 2 - ABOS 1

Abos 1 est un sondage récent, exécuté en 1970, cependant qu'Arbus 1 date de 1960 et Arbus 2 des années 1968-69.

Ces sondages sont situés dans une région où le repère "sable de Lussagnet" n'existe pas, et pas davantage le repère du gypse, qui caractérise souvent l'Eocène, par rapport au Stampien transgressif, où des conditions climatiques plus froides prévalaient.

Nous en sommes réduits aux corrélations de diagraphies, et certains critères, que je vais exposer, et dont la valeur s'est affirmée statistiquement, vont être utilisés.

C'est, d'abord, la pente du Sonic, lié à la moindre compaction des séries continentales stampiennes, qui n'ont évidemment pas éprouvées l'influence des contraintes développées par une orogènes antérieure.

C'est, d'autre part, l'existence d'une zone des alternances, à la base de la série molassique. Comme je l'ai dit, il n'existe pas de sable à la base, et, corrélativement, la zone des alternances repose directement sur les argiles de l'Ypréso-Lutétien, sans la transition ménagée qu'assurent les grès à Nummulites, là où les "sables de Lussagnet" existent.

Arbus 2 montre, d'autre part, de 0 à 288 m une argile à galets, peu compactée, qui représente le poudingue miocène. Ce qui situe, en DP. 0, la base de ce poudingue à - 25 en ce point.

BAYSERE 1 - CANTELOUP 1

Ces forages, liés au développement du Champ de Meillon, et de ses annexes sont récents. Ils disposent, en conséquence , d'un jeu de diagraphies modernes, qui m'a permis de tenter les corrélations que j'expose ci-dessous.

La base du Miocène se situe aux cotes 164 à Canteloup 1 et 212 à Baysère 1, soit + 104 et + 53 respectivement par rapport au niveau de la mer.

Le Stampien, à Canteloup 1, va de 164 à 358 et à Baysère 1, de 212 à 292.

Il ne faut pas que l'aspect du latérolog de Baysère, par rapport à celui de Canteloup induise en erreur. La sensibilité n'est pas la même, et c'est ce qui explique le peu de relief du latérolog de Baysère par rapport à celui de Canteloup, au niveau du Stampien. Dans l'un comme dans l'autre cas, le Sonic montre une augmentation moyenne de la vitesse instantanée avec la profondeur, dans ces séries.

A Canteloup, la zone argileuse, et celle des alternances sont réduites en épaisseur, par rapport à celle qu'elles présentent à Baysère.

PONT d'AS 3 - SAINT-FAUST 3, 4 - LONS 1 - PAU 4

Il s'agit là d'une coupe plus ou moins Ouest-Est parallèle à la structure de Pau.

Les quatre premiers forages, exécutés ces dernières années, depuis la découverte de Meillon, possèdent des diagraphies modernes. Pau 4, beaucoup plus anciennement foré (1951-52) n'a ni Sonic, ni Gamma-ray-neutron.

Ces sondages sont, d'autre part, situés à l'Ouest de la limite d'existence du "sable de Lussagnet". Ils présentent donc, à la base de la Molasse, une zone des alternances (ZAL), grès, calcaires et argiles, qui repose directement sur les marnes de l'Yprésо-Lutétien marin, et, très rarement, un faciès de régression (grès à Nummulites) au sommet de cet étage marin. Et quand il existe, il est très peu développé.

La coupe lithologique de Lons 1 est la suivante :

0-361 m : Argile à galets. C'est le poudingue miocène.

361-543 m : Marne, grès et calcaire - Stampien.

543-880 m : Marne, argile, quelques passées calcaires. Il s'agit de l'Eocène supérieur.

880-974 m : Alternance d'argile, de calcaire et de marne. Coexistent aussi des bancs de grès gris à quartz anguleux, fin à moyen, légèrement pyriteux (ZAL).

Les diagraphies des sondages de Saint-Faust 3 et 4 et Pont d'As 3 permettent de faire les coupures suivantes :

Saint-Faust 3 sous un Miocène continental, qui va jusqu'à la cote 230, vient une alternance de bancs de poudingues et d'argile jusqu'à 358. Le Sonic montre un accroissement léger, mais régulier, de la vitesse instantanée

.../...

jusqu'à cette cote. Plus bas, il s'agit du poudingue de Palassou proprement dit (PP) jusqu'à 460. Puis vient la zone argileuse (ZA) qui repose à 522 sur la zone des alternances (ZAL) qui passe, comme il est de règle lorsqu'il n'existe pas de "sables de Lussagnet", très abruptement aux argiles yprésiennes.

Les mêmes critères diagraphiques ont été utilisés pour Pont d'As 3 et Saint-Faust 4 et permettent des subdivisions analogues, notées sur les diagraphies (voir le tableau ci-joint).

Sur Pau 4, où il n'existe pas de Sonic et où les diagraphies sont anciennes, je placerai la base du Miocène à 238 et la base du Stampien, qui repose sur le poudingue de Palassou (PP) à 472 : il existe, à cette cote, une différence nette au niveau de la ligne de base des argiles, sur l'inverse, qui s'accompagne d'un changement du "faciès" électrique sur la grande normale.

SONDAGES DE GARLIN

Ces sondages ont été implantés par la S.N.P.A. au voisinage de la culmination de l'anticlinal sismique de Garlin, et se sont échelonnés depuis 1945 jusqu'à 1958.

Garlin 7 montre, de 0 à 158 mètres, une série continentale miocène, et il s'agit ensuite, comme en ce qui concerne les autres diagraphies, d'Eocène continental, peu détritique, qui comprend parfois des bancs plus résistants au-dessus des sables de Lussagnet, qui permet de délimiter, à Garlin 5 et Garlin 7, une zone des alternances (ZAL). Cette zone n'existe pas toujours.

Le sable de Lussagnet est d'épaisseur variable, il comprend plusieurs niveaux sableux, séparés par de minces délits argileux, et repose à la base sur le grès à Nummulites, qui passe aux marnes yprésiennes marines.

Le grès à Nummulites manque à G.6, il s'agit peut-être d'une disparition grace à un accident. Cette région sommitale de Garlin, est en effet très accidentée, hachée de failles sur lesquelles la Molasse miocène vient s'étendre en manteau régulier.

Des repères peuvent être signalés, soit dans les séries contientales de l'Eocène, où ils sont indiqués par une croix, soit dans l'Yprésien, où j'ai entouré d'un cercle une pointe caractéristique des niveaux marins sommitaux de l'Yprésien. Garlin 7 est situé sur le flanc nord, raide, de l'anticlinal et présente un pendage d'une trentaine de degrés.

Les minéraux lourds contenus dans le détritique de Garlin 1 ont été étudiés par A. VATAN. La coupe de ce dernier sondage est la suivante, à la hauteur des sables :

.../...

308-410 m : Sable quartzeux, avec Nummulites et Assilines remaniées depuis 375. Passée de grès gris et rougeâtre avec intercalations de niveaux à lignite de 380 à 410.

Le disthène et la staurotide vermiculée, caractéristiques d'apport du Massif Central, se rencontrent en abondance dans les sables de Lussagnet.

A Garlin 7, la coupe détaillée des mêmes niveaux est la suivante :

444-590 m : Sable quartzeux gris ou blanc translucide à grains moyens ou grossiers, parfois fins, émoussés, azoïques. Pyrite abondante à la base. Elle se rencontre dans les passées de grès calcaire blanchâtre à jaunâtre parfois gris ou rougeâtre, friable, à Nummulites et Discocyclines remaniées, avec des bancs d'argile calcaro-sableuse, plastique, azoïque.

LUSSON 1 - LEMBEYE 1

Ces deux sondages ont été exécutés par Esso Rep, sur le flanc Sud de l'anticlinal sismique de Garlin, l'un en 1967, l'autre en 1968-69.

Leur coupe lithologique se lit comme suit :

Lusson 1 :

30 à 35 m : Calcaire fin, blanchâtre à rosé, puis marne ocre, plus ou moins riche en argile, comprenant des couches de lignite et des silex bruns jusqu'à 204 m qui est peut-être la base du Miocène continental. Ensuite, jusqu'à 338 m c'est une argile plastique, plus ou moins indurée.

A partir de 338 m, s'individualise un niveau plus argileux, mais qui comprend cependant des bancs de calcaire à grain fin, beige, gréseux.

Le sable de Lussagnet, bien caractérisé, va ensuite de 402 à 496 m et surmonte les grès à Nummulites, de 496 à 538m sans qu'il soit facile de les séparer bien nettement. Les grès à Nummulites passent ensuite aux argiles grises de l'Yprésien, marines.

La coupe de Lembeye 1 est comparable. Un niveau très argileux, qui se termine par un banc de calcaire de quelques mètres, vers 210 mètres, pourrait représenter le Miocène continental. Puis vient une série assez uniforme, jusqu'à 340 mètres, surtout argileuse. De 340 à 406 m vient une série qui s'assimile à la zone de Lusson, à des cotes comparables. Le sable de Lussagnet est moins net, dans son expression diagraphique. C'est un sable jaune, puis gris-bleuté, fin à grossier, azoïque. A partir de 485 m, viennent des bancs d'argile jaune, sableuse, coquillière avec Assilina placentula à 519 m et Cuvillietina eocenica à 541 m. Ce pourrait être l'Eocène moyen. A 544 m a été observé un calcaire fin à quartz clastique gris, très abondant, passant localement à un grès gris. Ce pourrait être un équivalent des grès à Nummulites reposant sur les marnes yprésiennes marines.

Nous aurions donc, dans ces deux coupes, le Miocène continental qui reposerait directement sur l'Eocène supérieur continental.

THEZE 201 - THEZE 1

Foré de 1961 à 1962, par la SNPA.

Nous avons à notre disposition un Latérolog, depuis la cote 11, et un Sonic, depuis 555.

Je ferai les coupures suivantes, en utilisant le critère ligne de base des argiles, sur le Latérolog.

0-275 m : Argile à bancs de conglomérats, nombreux, épais parfois. C'est le Miocène.

275-600 m : Je distinguerai 3 sous-zones dans cet ensemble.

275-362 m : Argile essentiellement, avec des bancs détritiques très minces.

362-520 m : Bancs de calcaire ou de grès épais. Marne en passées de 5 à 15 m. A 520 m, c'est la base du Stampien.

520-600 m : Les marnes ou argiles deviennent dominantes. Et elles forment un ensemble essentiellement argileux, de 600 à 735 m (ZA).

735-794 m : C'est un ensemble surtout sableux, noté dans le rapport de fin de forage sous la rubrique : sable moyen à grossier, intercalé de bancs de grès calcaire à Nummulites, Discocyclines.
Au sommet, minces passées de calcaire ocre à roux, cryptocristallin, graveleux, dur, compact. Le sable forme un massif continu de 875 à 985 m. De 985 à 1036 m, c'est une argile plus ou moins sableuse, grise, pyriteuse, plastique.

Et enfin, de 1036 à 1080 m, c'est le "Grès à Nummulites", et Assilines nombreuses, qui assure le passage à l'argile de l'Ypréso-Lutétien.

THEZE I

Foré en 1958 et 1959, il a été exécuté dans la molasse un carottage électrique normale et latérale, et une P S sans signification. Je distinguerai :

0-196. Argile à passées de graviers Miocène
196-250. Argile à comparer avec la zone 275-362 de Thèze 201. Il manque ici une partie des couches qui existent à Thèze 201. Il s'agit de la discordance Miocène-Oligocène, le miocène a érodé le sommet du Stampien.

Il est possible, en utilisant la ligne de base des argiles, de distinguer un ensemble, allant de 250 à 410, qui peut s'assimiler à362-520. Ce serait donc le Stampien.

Puis nous avons un ensemble essentiellement argileux, à partir de 435 et je noterai les correspondances :

Thèze 1	Thèze 201
435	625
500	695
532	732
586	794

La zone des alternances, à Thèze 1, paraît avoir la même épaisseur qu'à Thèze 201.

Cette zone des alternances, à Thèze 1, repose directement sur le Sable de Lussagnet, épais de 90 mètres, à Numulites et Discocyclines remaniès. Il existe deux horizons de sable séparés par un lit argileux épais de quelques mètres.

Une cinquantaine de mètres de "grès à Numulites" forment plus bas le passage à l'ypreso-lutetien.

Une remarque s'impose : à partir de la base de la zone des alternances, deux ensembles, qui existaient à Thèze 201, ont disparu à Thèze 1. Et cependant, les corps sableux ont la même épaisseur dans les deux puits : soit 90 Mètres. Il manque à Thèze 1 l'intervalle 794-875 et l'argile de 985 à 1036.

Ceci donne aux corrélations que l'on peut faire entre les 2 puits, vers la base de la molasse, une allure d'éventail ouvert de Thèze 1 vers Thèze 201.

CLEDES 201 - CASTELNAU TURSAN 101

GEAUNE 1 - AUDIGNON 6

Le sondage de Clèdes 201 a été foré par la SNPA en 1960-61, et la coupe du sondage est établie comme suit :

0-450 m : Argile. Il est signalé un peu de gypse à la cote 130. Ce sont les Marnes de l'Armagnac du Miocène dont la base se situe à peu près à cette cote.

Depuis 356 m, il a été mis en évidence des passées calcaires. Cette formation s'étend jusqu'à 450 m.

De 450 à 482 m, c'est du sable. Ce sable se poursuit avec des passées argileuses et calcaro-gréseuses à Nummulites jusqu'à 610 m. Nous sommes là dans une région où les "Sables de Lussagnet" apparaissent, le passage du calcaire lutétien au sable se produit, en effet, dans cette région.

Le sondage de Castelnau Tursan a été exécuté en 1959-60 par la SNPA. La coupe est la suivante :

0-299 m : Argile à rares éléments calcaires. A 94 m, un peu de gypse, qui accompagne, sans doute, la base de la Molasse miocène. Ce sont les Marnes de l'Armagnac.

Les bancs calcaires, qui apparaissent à Clèdes de 356 à 450 m, s'étendent ici de 225 à 310 m. Il se corrèlent parfaitement d'un sondage à l'autre, sur les diagraphies.

De 310 à 325 m, il a été rencontré un sable quartzeux azoïque. A partir de 325 m, il est signalé du sable avec des lits d'argile. Il y a aussi des bancs de grès, avec, localement des passées de calcaire gréseux. La comparaison des diagraphies de Clèdes 201 et Castelnau Tursan 101 permet de corréler les intervalles 610-740 et 400-530 qui possèdent la même expression.

Ces intervalles se retrouvent, d'ailleurs, de 275 à 380 m à Geaune 1 et de 240 à 350 m à Audignon 6, et, c'est avec le calcaire à Milioles de l'Eocène inférieur, qui peut également se retrouver aisément sur les quatre sondages, ainsi que l'indiquent les flèches de corrélation qui relient les horizons correspondants.

.../...

Audignon 6 a montré, de 0 à 167 m, une argile sableuse jaune à ocre avec des intercalations de calcaire argileux, blanchâtre et de grès calcaire. De 167 à 205 m, c'est le Sable de Lussagnet, qui passe ensuite à un sable à argile sableuse, avec intercalations de calcaire gréseux, glauconieux, à Discocyclines, Nummulites, Alvéolines et Assilines.

Geaune 1 a donné la coupe suivante :

0-165 m : Argile plastique ocre, sableuse, avec des passées de calcaire plus ou moins argileux, dur et compact.

165-205 m : Sable gris-blanc, c'est le "Sable de Lussagnet" qui passe à un calcaire coquillier, en bancs séparés par des délits d'argile gris-verdâtre.

Pour me résumer, les coupes lithologiques analysées et les corrélations que permettent d'établir les diagraphies électriques, permettent d'établir les coupures générales suivantes, de bas en haut :

1) Au-dessus du Crétacé supérieur, l'Eocène inférieur, couronné par le calcaire à Milioles, surmonté vers l'Ouest, à Castelnau Tursan 101 et Clèdes 201 par des argiles marines. Une série discordante, qui débute, dans les différents sondages, aux cotes reliées par les flèches bleues, correspond à ce que nous avons appelé l'ensemble Ypréso-Lutétien.

   Le Sable de Lussagnet, déjà individualisé, existe à Geaune 1 et Audignon 6. Vers l'Ouest, il existe une série intermédiaire qui passe du sable au calcaire lutétien, c'est la zone même où les influences marines et continentales se mêlent étroitement. Des remaniements de faune constants peuvent s'observer dans les déblais.

   A Clèdes 201, par exemple, de 450 à 482 m, c'est un calcaire cristallin très gréseux, à très gros quartz corrodés, pyriteux, avec des débris de Nummulites et quelques rares Orthophragmines. A Castelnau Tursan 101, de 299 à 325 m, il s'agit de sables quartzeux, qui passent à un calcaire très ferrugineux à gros grains de quartz corrodés, passant à un grès ferrugineux.

   Le Stampien existe à Clèdes 201, où il s'étend de 450 à 275 m, et à Castelnau Tursan 101, où il peut exister de 215 à 300 m. Il aurait entièrement disparu à Geaune et à Audignon 6, par érosion due au Miocène discordant.

GEAUNE (Génie Rural)

0-30 m : Sable des Landes.

30-143 m : Marne jaunâtre avec petits passages sableux, avec, de 84,50 à 89 une passée d'argile à petits galets. C'est le Miocène continental.

De 143 à 145,72 c'est un lit de marne gris-bleu, puis les marnes jaunâtres à bancs de calcaire se succèdent. Il faut signaler, de 276,50 à 278 un banc de calcaire dur.

Jusqu'à 375,30 c'est le même terrain. Cependant, de 330 jusqu'à 375,30 les bancs de calcaire, siliceux à la base, sont beaucoup plus abondants.

De 375,30 jusqu'à 415 c'est le sable de Lussagnet, à traces de lignite, qui passe à 415 et jusqu'à 423,49, base du sondage, à un sable gris à petits lits marneux. C'est le "grès à Nummulites" qui apparaît.

VIELLE ADOUR 1 - ARCIZAC 1

Forage exécuté en 1960. Les premiers mètres seraient du Miocène : le gisement de Vertébrés d'Orignac est situé au Sud directement en amont-pendage de ce puits. Ce sont des argiles à gravillons silicieux.

Il existe pour ce sondage un carottage électrique en normale et latérale qu'il est intéressant, après analyse, de comparer à celui d'Arcizac.

46-275. Il existe là une zone qui se compare à 100-335 sur Arcizac. La fréquence du rythme sédimentaire s'accroît au fur et à mesure que le puits s'enfonce. Il est possible de comparer les pointes suivantes :

Arcizac	Vielle Adour
110	75
180	145
275	220
335	280

A Vielle Adour, comme à Arcizac, il s'agit ensuite d'un ensemble de ligne de base d'argile plus conductrice. Et si l'on peut comparer 310 Vielle Adour à 418 Arcizac, le lecteur s'aperçoit que 60 mètres de séries ont disparu à Vielle Adour, par rapport à Arcizac. Il existe ensuite une bonne correspondance des bancs de l'un à l'autre sondage, que nous noterons de la façon suivante :

Arcizac	Vielle Adour
418	310
534	430
570	505
620	560
650	618
670	648
750	700

Il existe donc, sous l'ensemble essentiellement argileux, qui se termine à Vielle Adour à 430, et qui a sensiblement la même épaisseur dans les deux puits, une allure en éventail ouvert d'Arcizac vers Vielle Adour, qui pourrait être l'indice des corrélations de passage latéral de faciès, à travers les lignes insochrones. A Vielle Adour, en tout cas, il s'agit de formations très littorales, qui n'ont pas le cachet marin qu'elles possédaient à Arcizac. Nous reconnaissons le "Sable de Lussagnet" en deux horizons séparés par un épais paquet argileux, de 50 mètres de puissance. Les grès à Nummulites, Assilina Leymeries, Globotruncana remaniées sont d'épaisseur comparables dans les deux puits.

Arcizac 1 a été foré en 1959.

Un carottage électrique en normale et latérale donne une bonne définition des séries, et permet de faire des coupures.

0-100 argile à galets

100-275. Des bancs parfois épais de tritiques ou argileux, donnent un cachet particulier à cet ensemble, qui, dans le rapport de fin de forage, est décrit comme formé d'une argile plastique à galets rubéfiés de grès, ou de calcaire graveleux à Milioles, Orbitolies, Textulaires, Echonodermes et Spicules, donc appartenant surtout au Crétacé supérieur.

275-335. Cette zone possède une même ligne de base des argiles. Je serai tenté en conséquence de la rattacher à l'intervalle 100-275. Mais d'autre part, la fréquence rythmique de sédimentation s'apparente à l'ensemble 335-418 qui en diffère par une ligne de base des argiles légèrement plus conductrice. Lithologiquement, en cuttings, on voit apparaître des alternances de grès, de calcaires gréseux et d'argile sableuse, à rapprocher de la série recoupée par Ossun 1 de 478 à 855.

408-536. Marne bariolée légèrement sableuse, azoïque, avec quelques bancs résistants épars, minces.

555-670, c'est le sable de Lussagnet, parfois très grossier, en deux horizons séparés par une argile avec des bancs de grès à Nummulites, Discocyclines, Assilines. Ces bancs de grès calcaire épais, apparaissent en particulier de 604 à 613, et de 640 à 655.

Une formation semblable se retrouve de 535 à 555, mais de cachet continental.

Les "grès à Nummulites", à éléments de calcaire à Lagena remanié, sont ici relativement épais : ils paraissent avoir 60 mètres de puissance. Outre des Nummulites, ils contiennent des Discocyclines et des Assilines, et des éléments de calcaire à Lagena remanié.

Et l'on passe à l'Yprésо-Lutétien qui est ici particulièrement riche en bancs détritiques.

TOURNAY 1

Foré en 1965-66.

Les diagraphies électriques n'existent pas. Il n'y a qu'un Gamma-Ray Neutron que je ne présenterai pas.

De 0 à 60 m, c'est une argile jaune ocre ou rougeâtre à gravillons siliceux.

60-250 m : Argile à intercalations de bancs gréseux ou calcaires.

250-290 m : Conglomérat ? L'image de la diagraphie nucléaire est très comparable à celle qui caractérise l'intervalle 340-380 à Ossun 2.

Les Sables de Lussagnet présentent les trois horizons caractéristiques, à savoir :

877-895 m : Sable fin, blanc à gris. Quelques rares Nummulites.

895-943 m : Argile grise, plastique, avec quelques intercalations de bancs de calcaire gréseux gris, friable.

943-959 m : Sable fin, blanc à gris. Ce sable repose sur les niveaux argileux de l'Eocène 1.

Il faut signaler que le rapport de fin de forage indique depuis 770 m et jusqu'à 877 m une argile grise, sableuse, avec bancs de grès gris friable, à débris coquilliers très subordonnés. Traces de pyrite et de lignite. C'est donc une influence marine, ou plutôt littorale, qui s'affirme ici, à partir de la cote 770 m, et bien au-dessus des Sables de Lussagnet.

Le Conglomérat de Vielle-Adour, galets siliceux de 2 à 3 cm de diamètre dans du sable grossier à quartz translucide, présente ici 90 m d'épaisseur. Rappelons qu'à Vielle-Adour, il a 142 m et à Ossun 1, seulement 8 m de grès fin le représentent. Il marque la base d'un certain niveau de l'Eocène inférieur.

.../...

OSSUN 1 et 2

Ossun 1 a été exécuté en 1965-66. Sa coupe est la suivante, d'après le géologue de sonde :

0-478 m : C'est une argile sableuse ocre à galets calcaires et siliceux, avec quelques bancs épars de calcaire à grain fin gris ou ocre.

478-855 m : Débutant au sommet par un banc de calcaire blanc, microcristallin, à débris de Nummulites remaniées, existe entre ces cotes une alternance de bancs de calcaire blanchâtre ou ocre, parfois gréseux, entremêlés d'argile ocre dominante. De nombreux débris remaniés de Polypiers s'observent en plaque mince au sein des bancs calcaires.

855-980 m : Marne grise finement sableuse à spicules, Textulaires, Lagenidés qui surmonte deux bancs de sable plus ou moins grossiers : ce sont les Sables de Lussagnet, qui affleurent de la cote 1000 à la cote 1105, séparés par un intervalle argileux entremêlé de grès, même type de formation qui apparaît de 980 à 1000.

C'est ensuite le faciès régressif typique des grès à Nummulites qui ont une épaisseur de 50 mètres, avant d'atteindre l'argile grise yprésienne.

L'examen attentif des diagraphies permet, d'autre part, d'ajouter les précisions suivantes :

590 m : Une césure importante intervient. C'est ce que j'ai coutume d'appeler la base du Stampien. La ligne de base des argiles, sur le Gamma-ray, comme sur le carottage électrique latéral, n'est plus la même de part et d'autre : la nature de l'eau occluse doit varier

.../...

De 700 à 850 m : Dans l'Eocène supérieur, apparaissent des bancs résistants, en cortège, au sein de l'argile.

De 975 à 1000 m : Il apparaît également une zone hétérogène, "zone des alternances" qui repose sur le Sable de Lussagnet.

Ce sable, qui possède une centaine de mètres de puissance, comprend une intercalation argileuse, en son sein, d'une quarantaine de mètres.

Les grès à Nummulites assurent le passage progressif à l'Ypréso-Lutétien. C'est le faciès régressif typique qui assure toujours le passage des sables (SL) aux séries marines.

Ossun 2 a été foré au cours de l'année 1967.

Les subdivisions, qu'il peut paraître logique de faire dans la Molasse, sur le vu du gamma-neutron, seule diagraphie existante dans les séries molassiques, seraient les suivantes :

0-120 m : Nombreux et minces lits de graviers.

120-340 m : Argile à intercalations de bancs gréseux.

340-380 m : Conglomérat ?

380-470 m : Niveaux plus argileux.

470-510 m : Sable fin à très grossier.

510-530 m : Argile grise à ocre.

530-570 m : Sable fin à très grossier.

Nous reconnaissons la trilogie, qu'il est fréquent de retrouver au niveau des "Sables de Lussagnet".

.../...

A partir de 570, c'est l'Ypréso-Lutétien.
Il faut dire un mot, à l'occasion de ce sondage, des séries de l'Eocène marin du pays au Sud de Tarbes.
En effet, il est possible, à l'aide des sondages de Tournay, d'Ossun 1, d'Ossun 2 et d'Ossun 3 et des corrélations que l'on peut établir, de noter les propositions suivantes :

"Il est remarquable qu'à Ossun 2, comme à Tournay, la base de l'Ypréso-Lutétien devienne plus calcaire que les argiles qui constituent la masse de cette unité stratigraphique. Cela proviendrait d'un remaniement des niveaux sous-jacents au début de l'Ypréso-Lutétien. Cela va d'ailleurs de pair avec l'existence, au même niveau, des intercalations laguno-détritiques d'Ossun 1 (corrélables avec le Salifère d'Ossun 3) et des conglomérats à ophite de Grand Rieu 1 (corrélables avec le "Trias" de Lasseube qui recouvre à l'affleurement divers termes de l'Eocène 2 et 3). Ainsi la discordance basale de l'Ypréso-Lutétien correspondrait à de profonds remaniements ayant affecté, localement, du Crétacé et des extrusions de Trias salifère".

La série inférieure débute à la base par le conglomérat de Vielle Adour, et tout à fait à la base s'intercale, de 2106 à 2263 une formation de grès grossier et conglomératique. Tout ceci se retrouve plus ou moins nettement, aux mêmes niveaux, dans les puits d'Ossun 3, Bordes 1, Baudreix 1.

Bien plus à l'Est, ces niveaux conglomératiques se corréleront avec les intercalations continentales, sur lesquelles le calcaire à Flosculines vient transgresser. Tout ceci n'est pas l'objet de mon étude, et je ne m'étendrai pas sur ces faits, ou sur ces hypothèses.
Ne disposant que d'un Gamma-ray-neutron, dans les séries molassiques, il n'est pas possible de tenter de corrélations fines entre Ossun 1 et 2. Je laisse au lecteur le soin de les établir.

LAMAYOU 1 - GER 1

Il s'agit de sondages récents, faits en 1968-70, mais la Molasse n'intéressant pas les pétroliers, les diagraphies complètes débutent à une cote déjà basse

Ger 1 a traversé des niveaux de conglomérats durs, épais, ce qui nous permet d'étudier un diamétreur, qui souligne remarquablement bien les niveaux de conglomérats : les galets de la paroi pris dans un ciment le plus souvent sableux, tombent dans le puits à chaque manoeuvre, dont l'effet est de les déchausser. Il se produit ainsi des caves, qu'il convient d'apprécier au moment de la pose du casing, pour connaître le volume de ciment qu'il faut utiliser pour enchâsser ce casing aussi exactement que possible dans le sondage.

La coupe présentée par Ger 1 est la suivante, d'après le géologue de sonde :

0-65 m : Sable et limon, avec des galets.

65-302 m : Argile sableuse ocre, à rares bancs de grès. Nombreux galets de grès et calcaire variés.

302-543 m : Même définition lithologique que ci-dessus.

543-586 m : Conglomérat dur et compact, à ciment gréseux et galets variés.

586-720 m : Série homogène, assez argileuse.

720-996 m : Argile jaune, ocre à lie-de-vin. Quelques passées de sable jaunâtre. Lignite.

Le "sable de Lussagnet" très polymorphe, nettement plus marin qu'il n'est d'usage, se présente sous une alternance de type séquentiel de grès calcaire gris-clair, grossier, friable, à débris coquilliers, d'argile grise sableuse, pyriteuse, et de calcaire gris à blanc, glauconieux, à Nummulites remaniées

.../...

qui deviennent très abondantes vers la base. De 1132 à 1140 m, il s'agit d'une lumachelle à Nummulites, qui passe à un grès à Nummulites, classique, couronnement de la série marine ypréso-lutétienne, là où le "sable de Lussagnet" existe.

A Lamayou 1, sous 78 mètres d'argile ocre à galets de grès roux et de quartz, vient une marne jaune-ocre à galets de calcaire jaune, gréseux et de calcaire gris, microcristallin à Orbitolines.

Quelques bancs calcaires apparaissent çà et là : à 510 mètres il est signalé un calcaire beige, et à 578 mètres un calcaire gris-bleu silicifié, les lits ont quelques mètres d'épaisseur.

Du gypse est signalé vers 900 mètres, dans une argile versicolore ocre, brun-rouge, gris-vert, à rares passées de calcaire rose argileux, ou blanc, beige ou jaune gréseux.

Le "sable de Lussagnet" apparaît sous son faciès typique vers 1022 m.

De 1022 à 1096 m c'est un sable grossier, à grains translucides avec des bancs plus consolidés, gris-clair et de minces passées d'argile ligniteuse.

Le grès à Nummulites apparaît ensuite, grès grossier à microconglomératique à Nummulites nombreuses.

LAMEAC 1

Foré en 1970, ce sondage a été exploré par un Gamma-Ray Neutron dans les séries molassiques. Ce Gamma-Ray, qui peut donner lieu à une interprétation diagraphique, basée essentiellement sur la ligne de base des argiles au Gamma-Ray, permet de faire les coupures suivantes :

0-232 m : Marnes à galets du Miocène.

232-374 m : Molasse stampienne.

374-503 m : Molasse éocène, avec un niveau qui semble particulièrement argileux vers la base. Le Neutron n'y indique pas de porosité.

503-563 m : "Sablesde Lussagnet" sable fin à microconglomératique. Rares passées d'argile grise et de grès fin glauconieux. Lignite abondant.

Les grès à Nummulites (GN) vont de 563 à 600 m.

SOMBRUN 1

C'est un sondage récent, et nous disposons de toute une gamme de diagraphies modernes.
Marne jaune-ocre, plastique, légèrement sableuse, à galets de grès ocre, roux, calcaire argileux blanchâtre, calcaire gréseux jaune ocre, quartz blanc, calcaire très fin blanc-rosé, tendre, à 460.

La base du pondingue de Jurançon du Stampien peut s'établir à 610 - soit à - 428 par rapport au niveau de la mer.

Le gypse apparaît vers 630, et l'Eocène moyen à supérieur présente la succession suivante : vers le haut, des bancs résistants de 200 mètres d'épaisseur, une série plus argileuse de 200 mètres d'épaisseur, et une série à nouveau détritique à bancs de grès gris, moyen à grossier, ciment carbonaté équivalent du faisceau de Sabarat.

Une zone argileuse (ZA) sépare cet ensemble du sable de Lussagnet (SL) alternance de sable grossier, grès gris clair, grossier, argile gris foncé, ligniteuse.

1282, grès gris-clair, moyen à grossier, parfois microconglomératique, devenant très glauconieux à la base, localement pyriteux, à Nummulites. C'est le faciès régressif du grès à Nummulites (GN).

TITRE III

CHAPITRE III

LIAISON AVEC LES AFFLEUREMENTS

De Peyrehorade à Galan, les séries sédimentaires étudiées viennent se relever, grâce à l'accident du front Nord-Pyrénéen. Certaines sont prises dans cet accident, ont partie liée avec lui, bien que faisant partie de la zone sous-pyrénéenne. D'autres le colmatent, le recouvrent, elles sont plus jeunes et il est possible de dater l'âge de cet accident.

J'étudierai en trois paragraphes ces relations : l'un traitera de la région de Peyrehorade à Lacq. Le second analysera les observations que l'on peut faire au Sud de Pau. Et le troisième, enfin, sera consacré à l'étude de l'accident frontal au Sud de Tarbes.

I - DE PEYREHORADE A LACQ

La figure 1, au 1/250 000 qui montre les relations de la base de la Molasse, ou de la base du Stampien marin, avec l'accident frontal de l'anticlinal de Ste-Suzanne, rassemble ce qui va être développé ci-après.

H. Douvillé, en 1924, distingue dans la région de Pau les poudingues de Palassou, qu'il date de l'Eocène supérieur, et les poudingues de Jurançon, qui seraient oligocènes et miocènes.

Les travaux de sismique-réflexion et de forage, effectués depuis de longues années par la Société Nationale des Pétroles d'Aquitaine, permettent d'établir, avec une précision que les études de terrain ne peuvent espérer atteindre, l'époque à laquelle se sont produits les mouvements pyrénéens au Tertiaire.

.../...

Et c'est ainsi que je date de l'Oligocène les molasses continentales qui viennent en discordance régionale sur l'Eocène marin de Pau à Peyrehorade, et passent vers Gaas aux séries oligocènes marines dites "Faluns de Gaas".

Nous allons successivement examiner :

1) une carte des affleurements tertiaires, de Peyrehorade à Orthez, qui fait apparaître en transparence les isobathes de la base de la molasse et les traits structuraux de l'Eocène (Fig. 1) ;

2) des coupes sériées, allant de l'Ouest vers l'Est et dont la direction sera perpendiculaire aux accidents tectoniques qu'elles doivent éclairer (Fig. 3).

Je n'ai pu figurer sur ces cartes toutes les localités citées dans le texte, étant donné leur échelle.

1. AFFLEUREMENTS TERTIAIRES (Fig. 1)

Je ne m'étendrai pas sur les faciès des terrains triasiques, crétacés ou éocènes qui affleurent dans cette région, et servent de cadre à l'Oligo-Miocène, objet essentiel de notre étude.

Je rappellerai seulement que le Lutétien supérieur et le Bartonien sont composés de calcaire en bancs parfois épais, à Nummulites, Orthophragmines et Lithothamniés, avec des argiles plus ou moins sableuses souvent dominantes, le tout entrecoupé vers la base de bancs de conglomérats à ciment quartzeux, où les galets de calcaire gréseux du flysch crétacé sont abondants.

Vers Sorde, il semble bien s'appuyer sur le Trias du massif de Salies, et de Lahontan à Puyoo et au-delà, il enveloppe le prolongement Nord-Ouest de la structure de Sainte-Suzanne. Il vient au contact de l'accident qui limite cet anticlinal, de Puyoo jusqu'à Orthez et au-delà. Il est possible

.../...

en effet de rencontrer de nombreux affleurements de calcaires et marnes de Lutétien supérieur dans les vallons, couronnés par les faluns helvétiens et les formations à galets pliocènes.

Mais, plus à l'Est, de Biron à Castetner, l'observateur rencontre, mêlées aux calcaires lutétiens supérieurs, des argiles appartenant à l'Ypréso-Lutétien. Les mauvaises conditions d'affleurements, classiques en Aquitaine occidentale ne permettent pas d'établir nettement s'il s'agit d'un phénomène d'écrasement tectonique ou de slumping sédimentaire. Mes préférences iraient à la première explication. Régionalement, le Lutétien érodé laisse place, sous la transgression molassique, aux termes inférieurs redressés contre le chevauchement.

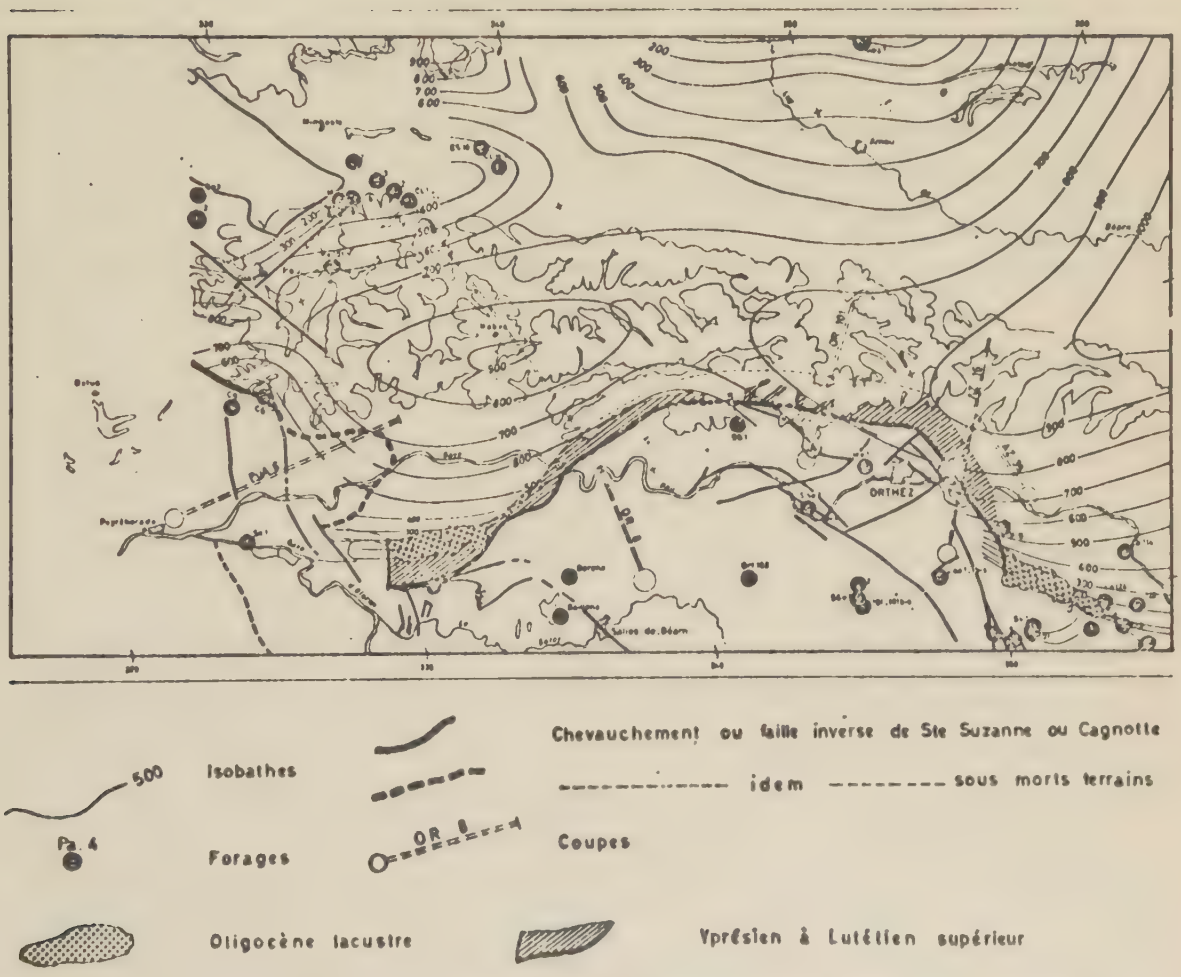


FIG. 1. — Isobathes de la base de la molasse à l'Est et de l'Oligocène marin à l'Ouest. Éch. : 1/250 000e.

.../...

Les pendages, quandon peut les mesurer, sont verticaux, ou dirigés vers le Sud, le Sud-Sud-Est ou le Sud-Sud-Ouest de 70 à 80°. Par contre, vers Lahontan à l'Ouest, les couches de Lutétien supérieur ne sont plus déversées, mais accusent des pendages de 40 à 70° vers le Nord.

a) Stampien

Les sédiments sont d'une nature très variée : marnes, sables, calcaires et grès alternent irrégulièrement, la mer était peu profonde, les transgressions étaient bientôt suivies de régressions locales : aux conditions bathymétriques diverses ont correspondu des dépôts hétérogènes. Les faciès marins passent à l'Est et au Sud aux poudingues de la Molasse comme le montrent les profils sismiques rattachés aux divers forages de la région.

Le Stampien marin affleure dans la région de Gaas ; il est bien connu par les travaux classiques de E. Benoist (1883), R. Tournouer (1882), V. Raulin (1895), H. Douvillé (1924) et F. Daguin (1939). Les affleurements s'étendent depuis la carrière de Gapans Bieil, au NW de Gaas, jusqu'à la marnière de Cadaugade, vers Pouillon, et dessinent une bande étroite de 8 km de long sur 1 km de large environ.

Toutes les exploitations qui permettaient, il y a 80 ans, d'étudier les couches fossilifères, sont aujourd'hui abandonnées.

J'attribue au Stampien les grès et poudingues à galets impressionnés qui affleurent au S. du Gave de Pau, non loin du confluent avec le Gave d'Oloron. Ils présentent des pendages de 15 à 20° vers le Nord. Les coupes sismiques qui relient ces affleurements aux sondages de Cagnotte et Pouillon permettent de voir sans ambiguïté le passage latéral des poudingues au Stampien marin fossilifère recoupé par ces sondages. La sismique permet ainsi de dater par continuité, et passage du marin au continental des séries dépourvues par ailleurs de faune.

Du Sud vers le Nord, et de l'Est vers l'Ouest, les faciès du Stampien ne cessent de s'affirmer de plus en plus marin. Une ligne tracée de Peyrehorade à Amou délimiterait assez bien deux régions : l'une à dominante marine au Nord, l'autre à cachet continental au Sud.

.../...

Mais de nombreuses allées et venues de la mer sont l'indice d'une mobilité des fonds qui trouvera sa conclusion à l'extrême fin des temps oligocènes, au moment de l'orogenèse anté-aquitanienne.

A l'E. d'Amou, des argiles ligniteuses ont fourni à L. Glangeaud et de La Source des Mammifères stampiens (Antriscotherium). C'est la faune de Nassiet. La légende de la carte géologique d'Orthez insiste avec raison, à mon avis, sur l'âge stampien possible sinon probable des couches figurées en Burdigalien, et ceci sur une vaste zone autour de Nassiet.

Examinons les coupes de quelques sondages de la région, qui ont été d'autre part analysées en détail au cours des chapitres précédents.

CL. 1 (fig. 3, OR 8) :

45-152 m, calcaire à Nummulites, Operculina complanata (DEFR). Nummulites intermedius d'ARCH., avec passées gréseuses ou marneuses ;

152-364 m, marne argilo-sableuse jaune, quelques passées ligniteuses ;

De 45 à 364 m, c'est le Stampien qui repose ici sur le Bartonien.

CLH. 1 :

141-267 m, marne bleue sableuse et calcaire gréseux à Operculina complanata (DEFR.) ;

267-326 m, marne bleue ;

326-483 m, argile marneuse gris-bleu avec passées de marnes versicolores azoïques. Là aussi, ce Stampien, épais de 483 m, repose sur le Bartonien.

Cg. 101, 400 m de Molasse continentale reposent sur une série de marnes et calcaires épaisse de 120 m à Miliolidés, Nummulites intermedius, Mélobésiées du Stampien qui surmonte un Bartonien réduit.

Po. 101. Ici, la disposition est inverse. Le Stampien marin, épais de 110 m, passe vers la base à une Molasse continentale, entrecoupée de quelques bancs marins. Cet ensemble repose sur le Bartonien. Plus vers l'Est nous arrivons à des faciès uniquement continentaux.

.../...

Ort. 2 (fig. 3, Az 16). Ce sondage présente une coupe très intéressante et démonstrative. Sous 116 m de Lutétien supérieur, apparaît la Molasse, riche en poudingues de 116 à 956 m, qui, à son tour, repose sur le Lutétien supérieur, calcaire à grandes Nummulites de 956 à 1180 m. C'est ensuite la succession normale du Lutétien, puis de l'Yprésien, enfin du Paléocène, rencontré à 3250 m. A ce jour, l'interprétation admise était que cette Molasse était interstratifiée au sein du Lutétien supérieur, entre deux épisodes marins. Il faut envisager une superposition anormale des séries marines supérieures sur le poudingue, qui, vers l'Ouest, se relie aux séries marines oligocènes de Gaas. Ce poudingue, oligocène, repose transgressivement sur le Lutétien supérieur. Les éléments sont fournis par les calcaires à Orbitolines du Crétacé inférieur et du Cénomanien, le Flysch, les calcaires à Globigérines ou Mélobésiées du Danien et du Paléocène et les calcaires à Nummulites et Discocyclines du Lutétien.

La. 114. 544 m de Molasse reposent sur le Lutétien. Cette formation continentale, est constituée de bancs de calcaire blanc crème, de marne jaunâtre avec éléments de calcaire gréseux gris et des bancs à galets,

La. 122. C'est 337 m de Molasse fluvio-lacustre qui reposent sur l'Yprésien. Cette Molasse affleure plus au Sud, vers Castetner, et je l'ai comparée avec les couches continentales de Lahontan, qui apparaissent comme je l'ai déjà signalé, symétriquement par rapport à l'avancée du front de Sainte-Suzanne.

Les coupes sismiques montrent une continuité d'allure parfaite de ces séries, depuis Gaas jusqu'à Lacq. Comme le lecteur pourra s'en rendre compte en examinant la fig. 1, le maximum de profondeur du synclinal stampien ne dépasse pas 1000 m et son axe est sensiblement E-W.

.../...

Le Lutétien supérieur et le Bartonien disparaissent successivement vers l'Est par suite du jeu de l'érosion anté-stampien. Ces séries, parfaitement concordantes sur les termes plus jeunes, ont été basculées de l'Est vers l'Ouest au cours de l'orogenèse anté-stampienne avec une dominante régionale de pendage ouest de quelques degrés, de sorte qu'il est impossible de fixer avec précision les limites de rivage des mers bartoniennes et lutétiennes. Celles que l'on peut suivre grâce aux coupes sismiques sont, comme je l'ai dit, dues à l'érosion. C'est ainsi que la disparition en biseau des termes lutétiens de l'enveloppe à l'E de Sainte-Suzanne, vers le sondage fig. 1, au SE d'Orthez, est l'expression locale de ce phénomène.

b) Aquitanien

Au S de Belus, des marnes sableuses gris bleuâtre et des calcaires détritiques fossilifères caractérisent l'Aquitanien. V. Raulin a, le premier, signalé l'existence de ces faluns. La faune de Mollusques est entièrement différente de celle de Gaas. Les Lépidocyclines, abondantes à Peyrère, permettent de comparer ces couches aux assises de Saint-Géours. Ces formations seraient à rapporter, selon les points, au Stampien supérieur, à l'Aquitanien et même à l'extrême base du Miocène, alors que le système de Gaas serait à dater du Stampien.

Un caractère intéressant de ces dépôts est constitué par l'existence de conglomérats à éléments surtout lutétiens, et comprenant parfois des Lépidocyclines plus ou moins roulées. Dans le ruisseau de Mont-de-Haut (Cauneille) immédiatement à l'W de la route de Peyrehorade-Dax se voit un conglomérat à ciment gréseux gris bleu, à galets de calcaire gris et débris de tests, surmonté par des sables argileux bleus. En amont, un banc de conglomérat se trouve intercalé dans des marnes sableuses. De même dans le ruisseau de Hayet, en face de la métairie Marouine, au S-SW de Belus affleure un conglomérat à ciment gréseux à galets de calcaire à Algues et Nummulites. Des fragments de marne bleue et des silex roulés sont enrobés dans la pâte gréseuse.

.../...

c) Burdigalien

Il est connu sous le faciès marin au SE de Mimbaste : les fossiles caractéristiques du falun de Saint-Paul-les-Dax, Cardium girondicum, Ancilia glandiformis et des Miogypsines, y ont été retrouvés.

d) Helvétien marin

Ce sont des sables gris, friables, fossilifères à Oursins, Pectens et dents de Squales. Ils forment une assise à peu près continue au N du chevauchement de Sainte-Suzanne, vers la base des coteaux couronnés de sables fauves ou d'argiles à galets.

Cette mer helvétienne s'est avancée dans un détroit allongé E-W, et qui occupait le fond de la fosse dessinée par les isobathes de la base du Stampien. Le mouvement général de subsidence s'est donc suivi de l'Oligocène au Miocène, à peu près dans la même région (synclinal d'Habas). Il faut cependant remarquer (fig. 2) que ces dépôts viennent sceller la faille chevauchante de Sainte-Suzanne, ce qui permet de dater la mise en place définitive de cette structure de l'intervalle de temps qui sépare la fin de l'Oligocène du début de l'Helvétien.

Fig. 2. — Isobathes de l'Helvétien au dessus du niveau de la mer.

2. COUPES SISMIQUES

Différentes coupes sismiques, reliant les forages aux affleurements peuvent être examinées sur la fig. 3.

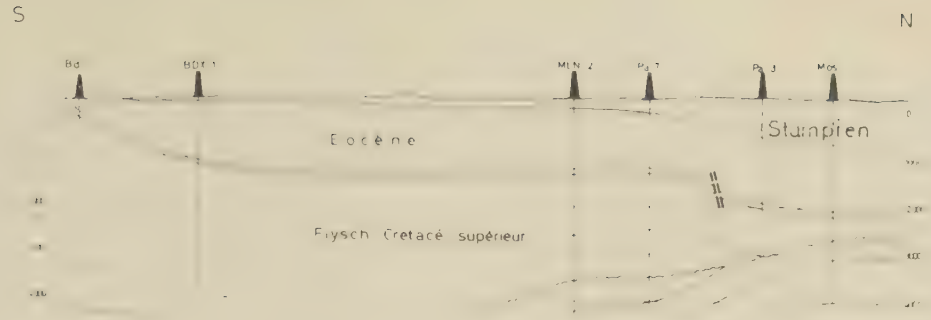
Elles mettent en évidence l'appartenance au synclinal d'Habas des couches de Lutétien supérieur qui cernent l'anticlinal de Sainte-Suzanne. Elles ont été relevées et déversées lors de l'avancée de Sainte-Suzanne vers le Nord, et l'ampleur du phénomène peut se suivre de Lahontan à l'Ouest jusqu'à Biron à l'Est.

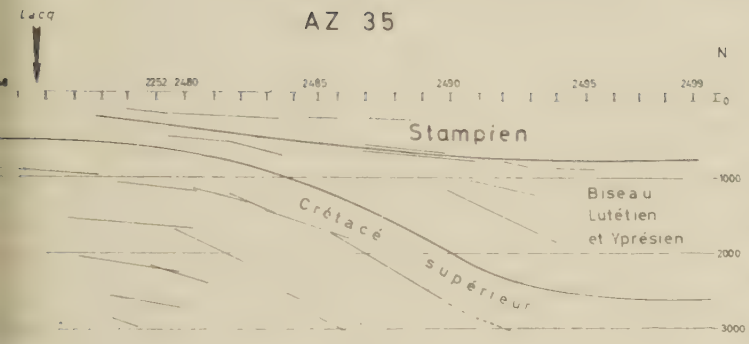
Il est également possible sur ces coupes de comprendre comment l'Oligocène marin à l'Ouest, passe vers l'Est à la Molasse, la coupe AZ 16, qui illustre les relations de ce poudingue et du Lutétien supérieur, montre comment ce dernier terrain est déversé et charrié sur les termes continentaux que je rattache à l'Oligocène. Vers Lahontan au contraire, les séries continentales oligocènes viennent reposer sur le Lutétien supérieur. Ces séries continentales deviennent marines vers le Nord avec imbrications à divers niveaux de ce qui revient à l'un et l'autre. Le Bartonien marin surmonte le Lutétien supérieur, comme à Po. 101 et Cg. 101. Ce Bartonien disparaît par érosion régionale du Nord vers le Sud.

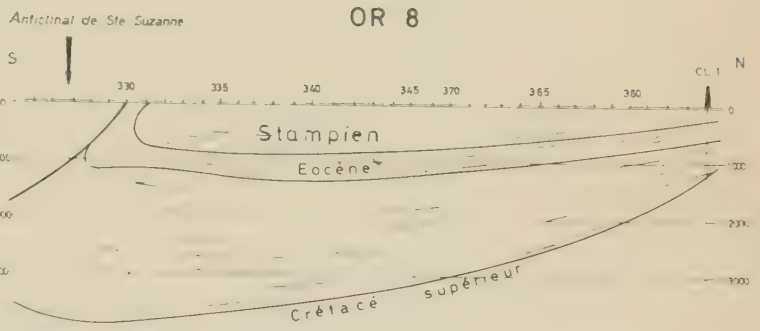
Il est dès lors permis de se représenter les différentes étapes orogéniques, qui ont modelé cette région au Tertiaire, selon le schéma suivant.

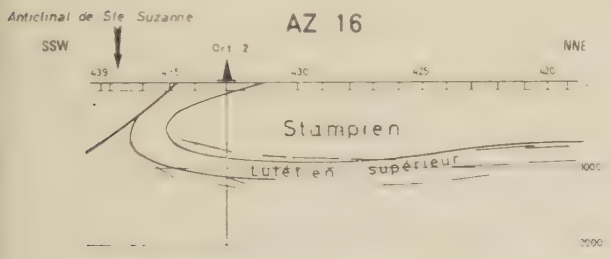
Un basculement d'ensemble de la région est provoqué par une oscillation à large rayon de courbure qui naît au Lutétien supérieur. Le mouvement relatif conduit à une surélévation de l'Est par rapport à l'Ouest, la mer fini-éocène occupe des golfes aux contours capricieux et un régime d'érosion s'établit vers l'Est.

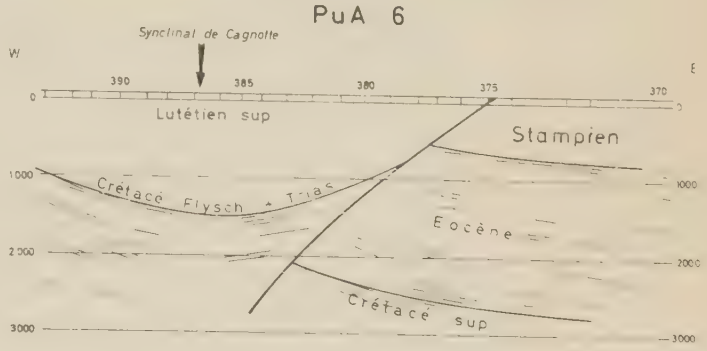
.../...











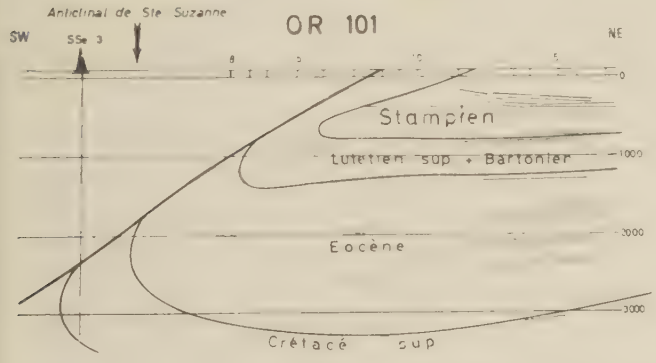


FIG. 3. - - Coupe à l'Est de Pau et cinq coupes sériées.

Aux temps stampiens, il s'agit de mouvements orogéniques nets. Le Stampien est transgressif sur tous les autres terrains, et le basculement vers l'Ouest atteint son ampleur maximale. L'érosion attaque profondément les massifs de la chaîne proche et les torrents déposent les poudingues et les molasses continentales, les argiles et sables continentaux qui viennent se perdre dans la mer des faluns de Gaas.

A la fin de l'Oligocène, se produit une réplique particulièrement violente. Les chevauchements de Cagnotte et de Sainte-Suzanne se mettent en place, et la mer miocène de Peyrère et Saint-Etienne-d'Orthe viendre sceller, et par conséquent dater, l'intervalle de temps où ces événements se sont produits.

Nous assistons ensuite à des allées et venues de l'Océan sans grande signification, la transgression la plus vive s'affirme à l'Helvétien, dont la mer vient à son tour déposer les faluns à Cardita jouannetti au-dessus de la faille de Sainte-Suzanne qui a rejoué faiblement ensuite lors de la phase pliocène.

TITRE III

CHAPITRE III

II - LE SUD DE PAU

Aucun observateur n'a mieux décrit, les terrains qui nous intéressent que l'Abbé F. CROUZEL, dans sa thèse sur le Miocène continental du Bassin d'Aquitaine (1957). Cet auteur a été amené à s'intéresser aux formations continentales antérieures au Miocène, pour s'assurer une marge convenable d'encadrement, et il importe, avant d'aller plus loin, de citer ce qu'il en dit.

Les Poudingues de Jurançon, ont été ainsi baptisés par H. DOUVILLE en 1924 et ce nom s'applique à une série détritique et continentale qui affleure depuis Baliros jusqu'à Orthez.

Ce sont "des poudingues, des molasses, des marnes avec ou sans grumeaux calcaires, et, très rarement, de petits bancs calcaires".

L'Abbé CROUZEL affirme ensuite "nous pouvons donc considérer les poudingues de Jurançon comme le faciès de piedmont des formations molassiques de l'Armagnac. Leur dépôt s'est effectué depuis le Stampien jusqu'au Tortonien inférieur. Ils sont à peu près horizontaux, à peine redressés au contact des formations plus anciennes (30° au maximum dans le carrière de Ledeuix, au Sud de Cardesse, sur la route d'Oloron, au contact des terrains sénoniens). Les poudingues de Jurançon ravinent par endroit les poudingues de Palassou, dont le faciès pétrographique est un peu différent et dont les bancs très redressés (30 à 90°) et parfois déversés recouvrent en concordance le Lutétien moyen". Il est fait allusion ici à des observations que l'on peut faire vers Ossun, au lieu dit le "Camp de César", un peu à l'Est de la région qui nous intéresse ici.

Au Sud de Cardesse, dans la carrière de Ledeuix, ils ont un pendage de 30° Nord, et reposent en discordance sur le Crétacé supérieur.

.../...

Voici quel était l'état de la question lorsque j'ai été amené à m'intéresser à ce problème. Et il m'est apparu rapidement que l'âge de ces poudingues de Jurançon peut certes être daté du Stampien en ce qui concerne leur base, mais qu'un événement orogénique de première importance s'est passé après le Stampien, et avant le Miocène, les marnes de l'Armagnac sont franchement transgressives et discordantes sur le poudingue de Jurançon.

Le poudingue de Palassou, lié après un intermède argileux parfois important au sable de Lussagnet, repose en concordance parfaite sur les séries marines lutétiennes, depuis Peyrehorade jusqu'à Pamiers et au-delà. La transgressivité du poudingue de Jurançon sur ces séries est manifeste ; elle se voit particulièrement bien de Baliros à Cardesse, où le poudingue de Jurançon repose sur le Sénonien puis prend en écharpe la série éocène, avant de disparaître, à la hauteur du Gave de Pau, sous la Molasse miocène, qui vient à son tour, dans la région de Nay recouvrir tous les affleurements y compris la trace de l'accident Nord-pyrénéen, qui peut donc être daté post-stampien, anté-miocène. Le Stampien est en effet, relevé au contact de cet accident, comme il est possible de s'en assurer en plusieurs points. L'accident triasique de Lasseube est soit dit en passant, une injection de Trias synsédimentaire, dans les argiles de l'Eocène inférieur, et cet "accident" a donc le caractère d'une loupe, d'un olistolithe qui s'est déposé dans le fond de la mer éocène à l'occasion d'un glissement d'argiles du Keuper, en provenance d'une falaise des alentours.

Les rapports des poudingues de Palassou et de Jurançon, ainsi que du Miocène, que j'exprime ici, et dont je vois la traduction sur la carte au 1/100.000 jointe, se révèlent d'autre part avec une parfaite netteté lorsque l'on se rapporte aux coupes sismiques interprétées, ou à l'analyse des diagraphies de sondages, qui ont fait l'objet des chapitres II et III.

Je vais maintenant examiner l'allure du front Nord-pyrénéen au Sud de Tarbes, et il faudra revenir à la comparaison des sondages et des coupes sismiques pour mieux illustrer mon propos.

III LE SUD DE TARBES

Je vais au cours d'une première partie décrire les affleurements, et j'emprunterai à divers auteurs les descriptions qu'ils en ont données.

Un second paragraphe traitera des coupes lithologiques des sondages effectués par la S.N.P.A. au Nord des affleurements crétacés et éocènes, et je décrirai aussi, en les corrélant, trois images électriques obtenues dans ces forages.

J'examinerai ensuite quelques coupes sismiques caractéristiques, qui permettront de relier sondages et affleurements.

Enfin, une conclusion, illustrée par un certain nombre de cartes d'isobathes et d'isopaques de divers niveaux, terminera cet exposé.

A - ETUDE DES AFFLEUREMENTS

L'Abbé F. CROUZEL décrit ainsi les affleurements de molasse au Nord d'Ossun : "A Ossun, autour du camp de César, affleurent des poudingues bien lités, redressés jusqu'à la verticale et parfois déversés (formation de Palassou). Les bancs peu épais alternent avec des assises marneuses. Les éléments, parmi lesquels dominent des calcaires jaunes microdétritiques, à l'exclusion de toute roche métamorphique, sont bien roulés et généralement de petite taille... Des poudingues très grossiers, à stratification entrecroisée, dont le pendage Nord oscille autour de 15° affleurent à 50 m à peine au Nord du dernier banc redressé du poudingue de Palassou. Ils constituent une assise massive dont les éléments mal classés sont disposés sans ordre. On trouve parmi eux des galets et des blocs de roches métamorphiques décomposés".

Je suis amené, par un ensemble de considérations étayées sur l'étude de l'ensemble des formations molassiques, du bassin d'Aquitaine, à attribuer un âge stampien à ces dépôts, dont l'Abbé F. CROUZEL fait mention en fin de paragraphe. Ils ont été souvent décrits sous le nom de poudingues de Jurançon.

Et plus loin "à 1 km au N-E de l'église de Bénac, près du chemin conduisant vers Hibarette, apparaissent sur une butte des sables marins lutétiens, lités parfois en grès, très redressés et même verticaux. Au N-E d'une grande carrièr

.../...

les bancs les plus récents, fossilifères deviennent très grossiers et se chargent de galets". On passe aux poudingues de Palassou proprement dits, après un passage marneux. Les éléments du poudingue, uniquement calcaires, sont Crétacés ou Eocènes. Plus au Nord viennent les poudingues de Jurançon, qui sont massifs, mal calibrés, avec parfois de très gros blocs. Les éléments sont à peine roulés, parfois seulement brisés. Les blocs formés de roches métamorphiques ne sont pas rares. Le ciment renferme toujours des paillettes de mica. Le pendage moyen est E.N-E de 15 à 20°.

REYRE a observé dans les vallées de l'Arret Devant et d'Arret Darré, des calcaires jaunes pétris de petites Nummulites granuleuses, d'Assilines et de Discocyclines renflées. Cette série correspond sans doute à l'Ypresien. REYRE écrit "le caractère détritique de la formation s'affirme de plus en plus" à mesure que l'on monte dans la série, "et ce sont des calcaires spathiques, à gros grains de quartz, alternant avec des grès ligniteux coquilliers, gris bleu (grès à Nummulites GN, de ma nomenclature, et déjà quelques bancs conglomératiques - on passe ainsi insensiblement au poudingue de Palassou".

HUPE, de son côté, lorsqu'il décrit la coupe de l'Arrêt Devant, voit le poudingue de Palassou subvertical, et qui s'appuie en concordance sur le Lutétien dont le sommet est représenté par des sables quartzeux. "Les éléments roulés du poudingue sont formés de calcaires variés du Crétacé Supérieur, auxquels s'ajoutent des éléments de marnes lutétiennes".

CHARITAT observe, dans la carrière d'Orignac X = 422,6 Y = 94,28, en contact avec les marnes maestrichtiennes, un poudingue, à éléments de 5 à 10 cm, cimentés par des marnes grises à N. ataciens. C'est le poudingue de Gourgue, d'âge Eocène inférieur.

Plus à l'Est, le poudingue de Gourgue peut s'étudier sur le flanc Ouest de la vallée de l'Arros. Il est surtout calcaire, des bancs de calcaire gréseux à N. ataciens comprennent des galets plats en provenance du Crétacé supérieur C'est un niveau transgressif, et nous retrouvons là les termes qui expriment la transgressivité de l'Eocène, sans doute Yprésien, que j'ai observé sur de nombreuses coupes sismiques, et qui a été décrit par Y. GUBLER et POMEYROL dans la région de Gan, plus à l'Ouest. Ce conglomérat a été retrouvé dans

.../...

les coupes de certains sondages de la S.N.P.A., implantés plus au Nord. Il n'a rien à voir, est-il besoin de le dire, avec le poudingue de Palassou, et il faut soigneusement éviter de les confondre.

Au-dessus de ces termes transgressifs viennent des marnes dont la partie supérieure, de plus en plus détritique "assure un passage progressif aux grès qui le surmontent". Ces sables sont considérés comme cuisiens, et non lutétiens, par CHARITAT, et ils terminent ici le cycle sédimentaire du Cuisien.

Ces diverses observations effectuées sur le terrain, à l'affleurement, vont être complétées par l'étude des diagraphies et des coupes lithologiques de forage, et par l'examen de quelques coupes sismiques profondeur, qui permettent de relier les sondages et les affleurements.

B - SONDAGES DE LA S.N.P.A.

Je vais d'abord décrire la coupe des terrains rencontrés par les différents sondages S.N.P.A., jusqu'à ce que la sonde atteigne les couches marines de l'Eocène. Les séries continentales retiendront toute notre attention, et je corrélerai tout spécialement les diagraphies des sondages Ossun 1, Arcizac 1 et Vielle Adour 1, présentées à l'échelle du 1/5.000ème.

Azereix 1

La coupe des séries continentales sous les alluvions de surface n'a donné lieu, de la part du géologue de sonde, à aucune remarque particulière . Il est signalé un faciès molassique, argilo-sableux à galets, jusque vers 1025, où de l'argile grise apparaît, et se poursuit jusque vers la cote 1095. De 1095 à 1172, c'est un sable moyen à grossier, avec des intercalation d'argile grise, et des bancs de grès calcaire. Le lignite persiste jusqu'à 1130. De 1172 à 1194, ce sont des grès à Nummulites, plus ou moins sableux. Puis viennent les argiles marines de l'Eocène des stratigraphies S.N.P.A., ou Ypreso-lutétien.

.../...

Ossun 3

Ce sondage n'a pas recoupé de termes molassiques. Il est situé en effet trop au Sud, et sous le chevauchement de Pontacq, il a atteint directement l'Eocène marin.

Ossun 1

Jusqu'à la cote 855, le rapport de fin de forage mentionne : marne ocre sableuse, comprenant des galets de calcaire gréseux blancs à débris coquilliers, de calcaire blanc jaune microcristallin à débris de Polypiers, Algues, Discocyclines, de calcaire gréseux ocre à Lagenas et Textulaires. Ces galets proviennent du Crétacé, ou de l'Eocène ; l'examen des cuttings montre, dans les fissures fines de la roche, de nombreux points limoniteux. Ce sont des dépôts de molasse continentale.

De 855 à 948, ce sont des marnes, et de 948 à 1005, des bancs de grès coquilliers, de caractère littoral. Depuis la cote 1005 jusqu'à 1108, c'est le "sable de Lussagnet", formé classiquement de deux horizons sableux séparés par un épisode argileux.

A partir de 1108, ce sont les marnes Ypreso-lutetiennes, avec une vingtaine de mètres de grès à Nummulites, faciès régressif qui assurent la transition.

Ossun 2

Sous une molasse continentale, des argiles, avec passées de grès coquilliers à la base, sont recoupées de 415 à 474. Le "sable de Lussagnet", avec ses deux épisodes sableux séparés par de la marne, a été traversé de 474 à 570.

Arcizac 1

La coupe de ce sondage, limitée aux terrains qui nous intéressent, est la suivante :

Jusqu'à 100 mètres, c'est une argile jaunâtre, plastique, un peu sableuse, à graviers siliceux. C'est sans doute le Miocène.

.../...

De 100 à la cote 278, il apparaît des bancs de calcaire argileux et gréseux, jaunâtre à rares Spicules, de calcaire grumeleux, parfois détritique à débris de Mollusques, Milioles, Orbitolines, ces bancs durs apparaissent au sein d'une argile plastique jaunâtre. Comme on le voit, il y a eu remaniement à partir d'éléments crétacés et tertiaires.

A 278 mètres, commence l'équivalent du poudingue de Palassou, sous forme de bancs de grès plus ou moins grossiers, avec quelques niveaux calcaires.

A partir de 415 mètres, les argiles dominent, elles sont le plus souvent versicolores.

Vers 540 mètres, il apparaît des grès, à ciment calcaire, à débris coquilliers : Mollusques, Echinodermes, Milioles, Spicules, Radiolaires.

De 570 à 615 mètres, c'est le sable de Lussagnet, en grains grossiers, blanc à rosé, après une intercalation argileuse, le sable reprend de 640 à 670 mètres et c'est le faciès classique des grès à Nummulites qui assure le passage à l'Eocène 1.

Vielle Adour 1

A 464 mètres, apparaissent des bancs de poudingues à éléments variés, entremêlés de grès gris dur, à débris assez rares de Nummulites et Discocyclines. Il existe également des bancs subordonnés de calcaire ocre à spicules et Milioles, à rares Lagenides et Globotruncana remaniés.

Vers 520 mètres, le sable apparaît. Il est blanc ou roux, à rares débris coquilliers.

De 554 à 620 mètres, ce sont des argiles avec quelques bancs rares de calcai gréseux.

Un nouveau banc sableux est atteint à 620 m, et vers 650 m ce sont les grès à Nummulites. Nombreuses N. globulus et Globotruncana remaniés qui passent rapidement à l'Eocène 1 des géologues S.N.P.A.

.../...

Tournay 1

Une série continentale indifférenciée a été recoupée de 0 à 770 mètres. De 770 à 874 ce sont des argiles grises, avec bancs de grès coquilliers à la base. De 874 à 959, le "sable de Lussagnet" comprend deux horizons de sable argileux fin séparés par de l'argile. Les grès à Nummulites assurent, comme ailleurs, le passage aux argiles ypreso-lutetiennes.

Remarques sur les diagraphies électriques des sondages

Les séries que nous étudions n'intéressent pas en principe les pétroliers. Aussi, la plupart du temps, il n'existe qu'un gamma ray neutron, que l'on peut exécuter derrière le tubage. Cependant, trois puits ont été l'objet d'études plus approfondies, comportant en particulier des latérologs. Ce sont Ossun 1, Arcizac 1 et Vielle-Adour 1 qui figurent sur la planche n° et ont été l'objet de corrélations.

Le Miocène a 100 mètres d'épaisseur à Arcizac, et 46 mètres à Vielle- Adour.

Le Stampien va jusqu'à 580 mètres à Ossun 1, 278 mètres à Arcizac 1, et 215 mètres à Vielle-Adour 1, cependant que l'Eocène continental donne lieu aux coupures suivantes :

- Poudingues de Palassou (PP)
- Argiles grises ZA
- Zone des alternances ZAL
- Sable de Lussagnet SL
- Grès à Nummulites GN

avec les cotes et les épaisseurs qui figurent sur la planche n°

Le stampien apparaît nettement discordant sur l'Eocène molassique. En allant de Vielle-Adour vers Ossun 1, une série plus complète apparaît, le poudingue de Palassou est de plus en plus épais.

.../...

La zone argileuse (ZA) a une épaisseur à peu près constante, de l'ordre de 150 m, dans les trois forages étudiés. Cette zone argileuse est très constante sur toute l'étendue du bassin molassique nord-pyrénéen, depuis le Plantaurel jusque vers Tarbes et au-delà.

La zone des alternances (ZAL) présente, ici, un caractère marin, littoral certes, qu'il faut souligner. Cette zone existe presque partout mais se montre riche en bancs de poudingues variés, entremêlés d'argile versicolore. Ici, les bancs détritiques sont chargés de débris coquilliers, il s'agit de faciès de plage, et la transgressivité de cet ensemble sur le sable de Lussagnet sous-jacent est possible.

D. BOULANGER, dans la région du Bas Adour, a observé au sommet du Lutétien le déclenchement d'une petite phase transgressive, qu'il serait possible d'observer ici.

Il faut souligner que je n'ai jamais constaté, dans les forages situés plus au Nord, de caractère marin à ce niveau. Par contre, une légère transgressivité est possible, continental sur continental.

Le Sable de Lussagnet est épais, 100 m au moins, et particulièrement à Vielle-Adour, s'il n'y a pas redoublement par faille.

Le passage aux argiles yprésiennes (Eocène 1 des géologues SNPA) se fait par l'intermédiaire du faciès régressif des grès à Nummulites.

C - EXAMEN DES COUPES SISMIQUES

J'ai choisi 7 coupes, qui présentent le double mérite de passer par quelques sondages, et de les relier aux affleurements. Ce sont des coupes profondeurs, donc immédiatement utilisables par le géologue interprétateur. Elles ont été restituées avec des lois de vitesse variables, mais ceci présente relativement peu d'importance, étant donné que nous nous intéressons à des niveaux peu profonds.

Les caractères communs que présentent ces coupes, à l'échelle du 1/50 000 et qui sont numérotées de 1 à 7, sont les suivants :

Crétacé supérieur

Il affleure en divers points le long de l'accident qui se réfère au front nord-pyrénéen.

.../...

Le Crétacé du fond du bassin est redressé à la verticale le long de cet accident, parfois déversé, et étiré plus ou moins profondément. Le sondage de Cieutat a permis de saisir la charnière du pli, qui, dans cette région, est bien dessiné (coupe n° 6). Il doit en être de même sur les coupes 3, 4 et 5, proches de la précédente, vers l'Ouest.

J'ai préféré schématiser sur ces coupes, le tracé du front nord pyrénéen. Le comportement de ce Crétacé n'est pas d'ailleurs, l'objet de cette note.

Eocène marin

Un bourrelet argileux, sous l'accident du front nord Pyrénéen, se forme en un synclinal écrasé et complexe, sous l'effet de torsion qui fait passer les couches de l'horizontale ou peu s'en faut, à la verticale ou au déversement, vers le Nord.

Certains des accidents qui affectent le toit du Crétacé sont colmatés par une discordance en sein de l'Eocène marin. C'est la discordance dite ypréso-lutétienne, connue dans l'ensemble du domaine des dépôts de l'Eocène, et qui a pu, d'ailleurs, jouer un rôle important en ce qui concerne les Pyrénées proprement dites. Cette discordance a, pour le moment, une définition sismique générale et de qualité. Elle n'a pas encore reçu la consécration du laboratoire, l'étude des microfaunes n'a, jusqu'à présent, rien apporté de bien précis. Par contre, elle a été signalée il y a longtemps, à l'affleurement, vers Gan, par Mme Gübler et M. Pomeyrol.

Sables de Lussagnet

Les argiles ypréso-lutétiennes se terminent vers le sommet par quelques dizaines de mètres de grès à Nummulites, qui marquent la régression généralisée de la mer. Il s'agit d'un mouvement lent, à large rayon de courbure, le pays tout entier passe du régime marin au régime continental, sans qu'il apparaisse de manifestations orogéniques particulières.

.../...

Aucune discordance, nul mouvement ne paraissent liés à cet évènement. Le sable de Lussagnet paraît s'être déposé dans un bassin, dont le fond est sensiblement parallèle à celui qui épouse les formes de la transgression ypréso-lutétienne. Le sable lui-même paraît être un dépôt de dunes, où les influences marines et continentales s'interpénètrent.

Molasse éocène

Une brève incursion marine caractérise, ici, près des Pyrénées, la base de la Molasse. C'est ce que j'ai appelé la zone des alternances (ZAL). Il est possible que cette zone porte la trace de certaines manifestations orogéniques plus ou moins lointaines, mais c'est rapidement le calme complet de la zone argileuse (ZA) qui lui succède. Le bord de la mer n'était certes pas loin, vers l'Ouest, et il devait s'étendre en bordure de cette mer un pays très plat, marécageux, et ces conditions ont persisté longtemps, si l'on se réfère à l'épaisseur des dépôts qui en sont le témoignage.

Alors intervient une période de décharge, bien connue, qui donne naissance aux poudingues de Palassou.

Déjà, à diverses reprises, des torrents avaient troublé, pour un moment, l'histoire paisible des marécages de la zone argileuse. Maintenant, l'érosion joue à plein, et d'immenses cônes de déjection marquent le démantèlement de reliefs proches.

Il est permis de se demander à quel moment de l'histoire géologique ces reliefs ont pris naissance. Comme je l'ai dit, rien de bien net n'apparaît au Lutétien moyen à supérieur, sinon un exhaussement d'ensemble, une voussure à large rayon de courbure, mais les seuls phénomènes proprement orogéniques dont nous ayons connaissance, au plus près de cette époque de décharge majeure, sont ypréso-lutétiens.

J'avancerai avec une extrême prudence l'hypothèse suivante : les Pyrénées éocènes sont nées à l'Yprésien, mais dans un milieu marin. Et c'est le lent et puissant exhaussement d'ensemble qui a suivi, au cours des temps, et les a fait sortir de l'onde, ainsi que toute l'Aquitaine, aux temps lutétiens et bartoniens qui leur a donné, au-dessus des flots, des formes assez hardies pour qu'elles soient vivement attaquées par l'érosion à l'air libre.

.../...

C'est la traduction, à l'emplacement de la chaîne, de ce qu'une analyse minutieuse permet de lire dans le pays de piedmont.

Ces temps de destruction de reliefs entremêlés de rémissions ont persisté jusqu'à la base de l'Oligocène, qui est peut-être représenté dans les termes très supérieurs du poudingue de Palassou au sens large.

Molasse stampienne

Il est aisé de voir, à l'examen des 7 coupes sismiques présentées, qu'un évènement d'importance s'est produit, avant le dépôt de la Molasse stampienne dont la base vient reposer en discordance manifeste sur les Molasses plus anciennes. Quand on va du Nord vers le Sud, il apparaît que cet évènement se traduit sur mes coupes par le dessin de strates inclinées vers le Nord à 15 ou 20°, et qui reposent sur un poudingue de Palassou redressé à la verticale. L'âge stampien que je propose pour cette formation, que l'on a souvent appelée poudingue de Jurançon, m'a été suggéré par un ensemble de considérations cohérentes et convergentes, et des observations qui vont de Gaas vers Peyrehorade, jusqu'à la vallée de l'Ariège, vers l'Est. Aucune détermination faunistique ne vient, dans cette région, étayer cette manière de voir.

Molasse miocène

Cette Molasse, bien datée par le gisement de Vertébrés d'Orignac, vient sceller les divers termes que j'ai décrits au cours des pages précédentes. Elle date les derniers mouvements de mise en place du front nord pyrénéen, et elle est très faiblement ondulée par des reprises posthumes.

.../...

CONCLUSION

Je terminerai cette note par la description d'un certain nombre de cartes qui condensent et rassemblent l'essentiel de la géométrie des divers terrains étudiés.

Planche 1 - ISOBATHES DU TOIT DU CRETACE SUPERIEUR

Cette carte a été établie par le Service Géophysique de la S.N.P.A., mais je l'ai revue et modifiée en certaines de ses parties. Je n'ai rien tracé, dans l'angle Sud Est, vers Gourgue, manquant de données convenables. Un certain nombre de failles l'accidentent. Au Sud d'Ossun 3 et d'Orignac, le tracé des lignes de points représente la trace approximative de la flexure au Crétacé supérieur, les couches se redressant dans l'ensemble, et se déversant vers le Nord, au Sud de cette ligne.

A l'Ouest de Pontacq, le Crétacé supérieur remonte au Sud vers l'affleurement, régulièrement, avec des pendages de 30° Nord en moyenne, et à l'Est de cette localité, le front nord pyrénéen vient chevaucher l'avant-pays, le passage de l'un à l'autre de ces comportements se fait par une ou plusieurs déchirures orientées NW-SE et passant par Pontacq.

Planche 2 - ISOBATHES DE LA BASE DE LA MOLASSE et Planche 2 bis - ISOPAQUES DE L'EOCENE SOUS MOLASSIQUE

La Molasse apparaît avec les sables de Lussagnet, qui marquent le caractère essentiellement continental des sédiments de piedmont, à partir de cette césure, et jusqu'à nos jours.

Avant d'aller plus loin, il faut rappeler que la ligne de rivage, qui sépare le Continent du domaine marin, n'a aucune espèce de valeur comme indicateur orogénique et une variation de quelques dizaines de mètres de ce niveau peut avoir des répercussions considérables sur la nature des dépôts, alors qu'une variation de quelques centaines de mètres des fonds marins, peut être bien plus chargée de significations, mais sera bien moins apparente. Une bonne part de ce que l'on a attribué au "paroxysme Lutétien supérieur" dans les Pyrénées, vient de cette confusion.

.../...

Comme je l'ai déjà dit, le mouvement positif qui fait sortir des ondes l'avant-pays, paraît s'être fait très lentement, sans déformation particulière, c'est un basculement d'ensemble, de composante Ouest Est, le mouvement s'est amorcé à l'Est, vers Carcassonne, et s'est poursuivi vers Pau et au-delà.

Si l'on compare les planches 1 et 2, il apparaît un lissage remarquable des accidents qui figurent sur la planche 1, et n'apparaissent plus ensuite. Le lecteur serait tenté de conclure à un événement orogénique proprement dit, qui permettrait d'expliquer cette apparence.

En fait, cet événement s'est bien produit, mais plus tôt et en milieu marin : l'Ypréso-lutétien repose en discordance sur les séries antérieures, plissées à ce moment là. Par contre, la base de l'Ypréso-lutétien et celle des sables de Lussagnet sont plus ou moins parallèles, aux variations régionales d'épaisseur près, aucun événement brutal ne s'est produit alors.

Une disposition analogue à celle adoptée par les couches du Crétacé supérieur permet aux séries molassiques de se relever doucement, dans le Sud Ouest de la carte, vers les affleurements ; cependant au Sud de Tarbes, les séries sont redressées presqu'à la verticale, ce que représente schématiquement le dessin des isobathes, de Bénac à Orignac.

La carte des isopaques de l'Eocène sous molassique représente les variations d'épaisseur des séries marines de l'Eocène, comprises entre le toit du Crétacé supérieur et la base des sables de Lussagnet. Comme j'ai déjà eu l'occasion de l'écrire, l'événement orogénique important, qui se situe vers l'Ypréso-lutétien, est pris en compte dans cette carte, qui additionne ce qui est en dessous, et ce qui est au-dessus de la surface qui correspond à cet événement.

Quand on se rapproche du front nord pyrénéen, il apparaît un comportement différent des séries éocènes de part et d'autre de Pontacq. A l'Ouest de ce village, elles ont été soumises à une érosion importante, à l'Est au contraire, l'épaisseur augmente au fur et à mesure que l'on va vers le Sud.

L'accident NW-SE qui sépare les deux régions est évidemment d'un âge récent, que je préciserai plus loin.

.../...

Planche 3 - ISOBATHES DE LA BASE DU STAMPIEN et Planche 3 bis - ISOPAQUES DE L'EOCENE CONTINENTAL

J'ai été amené à proposer un âge stampien à un ensemble molassique discordant sur le poudingue de Palassou, et qui présente par exemple au camp de César, près d'Ossun, des pendages de 15 à 20° et repose en ce point sur les poudingues éocènes redressés à la verticale, et concordant avec les séries marines éocènes sous-jacentes. Ce Stampien, c'est le poudingue de Jurançon des auteurs. J'ai un certain nombre d'arguments en faveur de cette attribution d'âge, qui se situent malheureusement en dehors des limites des cartes que je décris dans cette note. Le lecteur voudra bien en conséquence donner à cette proposition la valeur d'une hypothèse d'école. Il est très net, de toutes façons, qu'un événement orogénique important se situe avant le dépôt de la Molasse de Jurançon, et après la fin du Palassou.

La planche 3 donne la carte des isobathes de la base de ce poudingue de Jurançon. L'accident de Pontacq NW-SE a disparu, il n'y a plus de différence de comportement des courbes à l'Est et à l'Ouest de ce village. Je donnerai en conséquence un âge ante-stampien à cet accident, qui marque si profondément son empreinte sur le tracé du front nord pyrénéen de ces régions.

J'ai établi la carte d'isopaques de l'Eocène continental en épaisseur de dépôt corrigée du pendage. Le poudingue de Palassou est en effet redressé à la verticale à l'affleurement, il est impossible de procéder par soustraction de cartes d'isobathes pour dessiner la planche 3 bis, au moins le long du front pyrénéen. Il est possible que de l'Oligocène inférieur continental figure au sommet de cette série, et surtout là où l'érosion a peu joué, comme dans le synclinal de Tarbes. C'est en effet au milieu de l'Oligocène que j'ai tracé la césure orogénique stampienne.

Planche 4 - ISOBATHES DE LA BASE DU MIOCENE et planche 4 bis - ISOPAQUES DU STAMPIEN

La Molasse miocène, bien datée à Orignac par une faune de Vertébrés, vient sceller en tous points le tracé du front nord pyrénéen dont la mise en place définitive est donc à situer vers la base du Miocène. Comme l'Abbé F. CROUZEL l'a démontré dans sa thèse, des mouvements ultérieurs ont repris ces dépôts. La planche 4 est éloquente à cet égard.

.../...

La carte des isopaques du Stampien, montre comment la Molasse de cet âge a été érodée à la suite des mouvements ante-miocènes. Elle fait d'autre part, apparaître une déchirure NNW-SSE, le long de la vallée de l'Echez, qui est née à l'occasion de ces mouvements. Il faut signaler d'autre part, des directions NE-SW, vers Galan 1 et au Nord Est de Soumoulou qui sont des composantes du même âge.

TITRE III

CHAPITRE IV

PRESENTATION DE CARTES D'ISOBATHES ET D'ISOPAQUES

J'ai été amené à dessiner un certain nombre de cartes qui rassemblent ce que j'ai pu connaître de l'histoire des sédiments et des faits tectoniques au Tertiaire.

Ce sont, ramenées au plan horizontal de cote zéro :

1) Isobathes du toit du Crétacé supérieur

2) Isobathes de la base de la Molasse et du toit des Sables de Lussagnet

3) Isobathes de la base du Stampien

et les différentes cartes d'isopaques, dont voici la nomenclature :

4) Isopaques des Sables de Lussagnet

5) Isopaques du toit des Sables de Lussagnet à la base du Stampien

6) Isopaques de l'Eocène marin.

Je vais commenter ces différents documents :

1) Isobathes du toit du Crétacé supérieur

J'ai pris, comme il est d'usage, le toit du Crétacé supérieur à la limite des "Marnes de Nay" maestrichtiennes et du calcaire dano-paléocène, qui est considéré comme la base du Tertiaire. La définition

.../...

sismique de ce niveau est bonne, en général, j'ai cependant cherché plutôt un tracé expressif, plutôt que précis. Une certaine exactitude ne peut se situer qu'au niveau des isochrones.

Cette manière de faire a constamment inspiré le tracé de toutes les cartes que je présente.

J'ai utilisé dans une très large mesure les cartes d'isobathes de ce niveau établies par les Services Géophysiques de la SNPA. Cependant, j'ai cru devoir les modifier en différents secteurs, sans changer vraiment l'expression des volumes.

Deux "bourrelets" gonflants, poussés du Sud au Nord, formés aux dépens d'un matériel flysch s'alignent en direction Est-Ouest, l'un au Sud de Pau, l'autre au Sud de Tarbes. Celui-ci forme transition avec les Petites Pyrénées, qui se déploient à l'Est.

2) Isobathes de la base des Sables de Lussagnet ou de la base de la Molasse

J'ai hésité longtemps à situer la base de la Molasse vers le sommet ou vers la base des Sables de Lussagnet.

L'exondation de la région orientale ne s'est certainement pas produite avec brutalité. La zone des alternances, qui recouvre les sables, marque un léger retour transgressif de la mer, qui s'apprécie particulièrement bien vers le Sud de Tarbes.

Les sables, qui constituent dans cette région un faciès récessif de plage, ou de delta, avaient un équivalent marin vers l'Ouest formé par des bancs de calcaire du Lutétien supérieur. Ce sont d'ailleurs là les conclusions de l'étude par sondages électriques commentée au chapitre II.

.../...

Régionalement, il n'y a pas de trace de discordance à ce niveau. Nous assistons à un lent exhaussement des fonds marins, à un basculement d'ensemble, de génératrice grossièrement Nord-Sud, une côte plate, où les grands fleuves orientés NE-SW viennent se jeter après de capricieux méandres.

Des "mouvements" ont eu lieu à l'Yprésien, ou à l'Ypréso-Lutétien, et ils ont scellé bien des cicatrices apparentes au niveau du Crétacé supérieur. Le niveau que je carte ici est plus ou moins concordant avec la base des séries transgressives yprésiennes ou ypréso-lutétiennes. C'est ce qui explique l'aspect différent, en ce qui concerne le dessin des cassures, de la carte des isobathes du Crétacé supérieur, et de celle de la base de la Molasse.

Un certain nombre de failles, liées à des effets transcurrents ou en relation avec le Trias, comme celle de Garlin-Antin-Maubourguet, subsistent cependant.

3) Isobathes de la base du Stampien

Cette carte illustre les phénomènes orogéniques qui se sont produits à la fin des temps éocènes, ou au Sannoisien, en tous cas avant le Stampien.

Les cassures précédentes sont presque toutes colmatées à l'échelle de la carte. Il reste, très éloquemment, le dessin du front nord-pyrénéen, qui reste non affecté par cette orogenèse. Les isobathes de la base du Stampien, vers Pontacq, ou vers Ste-Suzanne, n'ont pas de liens directs avec le dessin de la faille frontale, dont l'effet ne se fera plus sentir à partir de l'Helvétien. L'orogenèse paroxysmale est donc nettement post-Stampien, et anté-Helvétien. L'essentiel des mouvements pyrénéens, dans cette région, me paraît devoir être reporté au Miocène.

.../...

4) Isopaques des Sables de Lussagnet

Ces sables, dans le domaine de la carte, sont le plus souvent formés de deux niveaux de sable séparés par un délit argileux de quelques mètres d'épaisseur. Le passage des argiles gris bleu de l'Yprésо-Lutétien se fait par l'intermédiaire de ce que l'on a pris l'habitude d'appeler "les Grès à Nummulites" formation qui assure une transition ménagée entre des dépôts marins à la base, et où l'influence continentale se fait sentir de plus en plus nettement, au fur et à mesure que l'on monte dans la série. L'image "électrique" de ces grès est typique de celle d'une série régressive.

Le dessin des isopaques, aussi bien que la ligne d'absence de dépôts, possèdent une direction préférentielle Nord-Sud.

5) Isopaques du toit des Sables de Lussagnet à la base du Stampien

J'ai reporté sur cette carte, obtenue par différence entre la carte des isobathes du toit des Sables de Lussagnet et de la base de la Molasse, et la carte des isobathes de la base du Stampien, la limite d'existence des Sables de Lussagnet. Il est remarquable qu'elle sépare à peu près le pays où les isopaques possèdent plutôt une direction Est-Ouest, de celui où elles présentent une direction Nord-Sud.

Il est certain que cette carte, vraie dans ses grandes lignes, est fausse dans le détail. Il s'est produit de légers mouvements, harmoniques mineurs qui modulaient la grande phase positive d'exondation, et de basculement d'Est en Ouest. Si l'on veut détailler davantage, il faut mentionner une légère discordance, juste avant la zone des alternances, et à nouveau des mouvements au Bartonien supérieur - Ludien. Nous verrons au cours du chapitre V, la probabilité de l'âge Bartonien de la plus grande partie des poudingues de Palassou proprement dit, sous leur forme la plus riche en décharges détritiques.

.../...

6) Isopaques de l'Eocène et du Paléocène marin

Ces isopaques ont une signification générale, mais il conviendrait de dresser deux cartes, l'une qui montrerait les isopaques allant de la base du Paléocène jusqu'à l'Ypréso-Lutétien : cette césure, où je situe les mouvements anté-Yprésien-Lutétien inférieur, cette phase qui a vu la formation des bourrelets crétacés de Pau et de Tarbes. L'autre carte d'isopaques, beaucoup moins contrastée, irait depuis cette limite jusqu'aux premiers niveaux continentaux.

Telle qu'elle est, cette carte montre un sillon, de direction grossièrement Est-Ouest, et qui ne cesse de s'approfondir quand on va du Nord au Sud. Que devient-il vers le Sud, quelle est sa limite dans cette direction, toutes ces questions resteront sans réponse, l'érosion a décapé ces niveaux au droit de la chaîne.

TITRE III

CONCLUSION

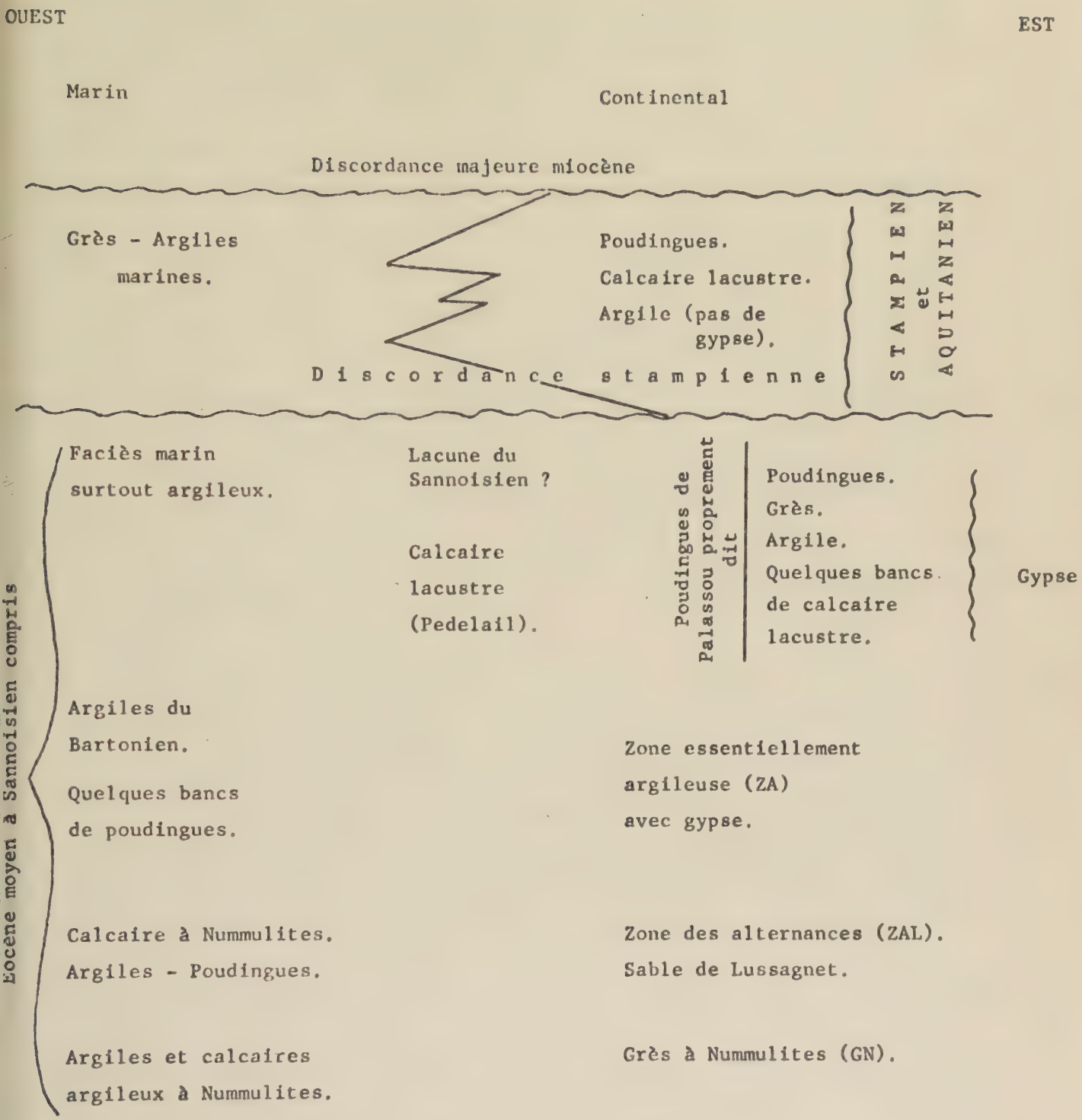
J'utilise un certain mode d'approche, coupes sismiques et diagraphies électriques, qui ont un pouvoir d'intégration statistique des données analysées, je travaille en effet à l'échelle du 1/50 000 pour les uns, et 1/5 000 pour les autres. L'étendue du bassin soumis à l'étude, la quantité considérable des renseignements dont je dispose, exige qu'il en soit ainsi.

Ceci me permet de faire apparaître les traits dominants, les grandes étapes orogéniques, qui ont affecté de manière semblable l'ensemble des traits structuraux du pays de piedmont et de ses bordures. Mais, au sein de ce pays, chacun de ces traits structuraux a eu, par ailleurs, son histoire propre, et certains événements l'ont affecté, qui n'ont pas touché la structure voisine. Mon but est donc de distinguer et définir les différents mouvements de la symphonie majestueuse de l'orogenèse, sans pouvoir toujours donner sa valeur réelle à chacun des ensembles musicaux, si l'on me permet cette comparaison.

Reprenons notre propos : le tableau que je mets sous les yeux du lecteur représente une corrélation schématique, d'Ouest en Est, des termes marins à l'Ouest, et continentaux à l'Est, depuis le Lutétien et jusqu'au Miocène, selon un profil de coupe parallèle à l'axe de la chaîne.

La dissymétrie du bassin de piedmont est nette, tout au long du Tertiaire. Il s'agit toujours d'événements qui surviennent dans une auge de remplissage, dont le fond ne cesse de s'abaisser d'Est en Ouest. La limite des faciès marins et continentaux, qui marque fugitivement l'isobathe topographique zéro de l'époque, est en conséquence grossièrement Nord-Sud, depuis l'Eocène moyen jusqu'au Miocène et même de nos jours.

.../...


OUEST
EST
Marin
Continental
Discordance majeure miocène
Grès - Argiles marines.
Poudingues.
Calcaire lacustre.
Argile (pas de gypse).
STAMPIEN et AQUITANIEN
Discordance stampienne
Eocène moyen à Sannoisien compris
Faciès marin surtout argileux.
Lacune du Sannoisien ?
Calcaire lacustre (Pedelail).
Poudingues de Palassou proprement dit
Poudingues.
Grès.
Argile.
Quelques bancs de calcaire lacustre.
Gypse
Argiles du Bartonien.
Quelques bancs de poudingues.
Zone essentiellement argileuse (ZA) avec gypse.
Calcaire à Nummulites.
Argiles - Poudingues.
Zone des alternances (ZAL).
Sable de Lussagnet.
Argiles et calcaires argileux à Nummulites.
Grès à Nummulites (GN).

Le faciès de régression du grès à Nummulites, qui annonce le passage au Sable de Lussagnet, déjà presqu'entièrement continental, est un dépôt de plages,ou marin côtier.

Comme toujours, il est difficile de situer nettement dans l'échelle stratigraphique un faciès de régression, qui est souvent l'expression d'une condensation extrême des couches. Le faciès du grès à Nummulites doit aller de l'Yprésien au Lutétien supérieur.

Le Lutétien supérieur, là où il est marin, est formé de calcaire à Nummulites, d'argile et de calcaire argileux. Des bancs de poudingues apparaissent dans cette formation marine. Ces poudingues, polygéniques, mais à galets surtout calcaires, essentiellement crétacés, parfois formés de la roche même dont ils sont issus, indiquent une instabilité des fonds marins. Le même phénomène se produit, associé au Sable de Lussagnet, ou à la zone des alternances, qui lui est superposée : les galets, là aussi, sont surtout calcaires, et parfois constitués de grès à Nummulites, ou de Tertiaire marin sous-jacent.

Cette formation qui présente, il est vrai, localement associée à l'histoire d'un trait structural donné, un caractère légèrement transgressif, n'en a pas à l'échelle régionale. A l'Ouest de Peyrehorade, là où les auteurs font état, depuis longtemps, d'un caractère nettement transgressif et discordant de ce terrain, les conditions d'observation liées, d'une part, à la végétation exhubérante, d'autre part, aux complications structurales intenses, rendent le diagnostic très douteux, en ce qui concerne ce point particulier.

Le basculement, d'axe Nord-Sud, qui a lentement exondé l'Est de notre zone, s'est manifesté dans la sédimentation, d'abord par un rapport sableux important, dunes de plage de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, cependant qu'à l'Ouest, dans une mer oxygénée, les Nummulites et bien d'autres espèces néritiques proliféraient. Puis, cette première décharge détritique s'arrête. Dans un climat chaud, une côte basse, fangeuse, avec çà et là de grands lacs intérieurs, plus ou moins saumâtres, borde une mer moins riche en faune.

.../...

Les marnes bartoniennes pourraient avoir pour équivalent continental la zone essentiellement argileuse, que j'ai souvent décrite à l'occasion de l'analyse des diagraphies, dans le cours de ce titre, et le calcaire lacustre type Pedelail, nettement transgressif, et qui semble pouvoir être daté du Bartonien supérieur au Sannoisien, est sans doute à mettre en parallèle avec les très importantes décharges détritiques, qui caractérisent les dépôts de cet âge dans l'Ariège et vers Carcassonne, et qui représentent les poudingues de Palassou proprement dits. Nous verrons, au cours du Titre V, qui traite de ces régions, comment se situent ces poudingues dans l'échelle stratigraphique.

Le climat reste chaud. Dans l'intervalle des arrivées de détritique, des lacs s'installent, s'évaporent, du gypse se dépose.

Le Sannoisien marin ne semble pas connu dans la zone étudiée ici. Il faut aller plus loin vers l'Ouest, dans le périmètre couvert par le Titre I, pour le retrouver. C'est peut-être au sommet de l'Eocène, et à la base de l'Oligocène, que se situe le maximum de régression, et que la mer est rejetée le plus loin vers l'Ouest.

Alors survient le drame stampien.

La mer arrive, déborde et envahit le continent. Le climat change brusquement, il devient plus froid.

L'instabilité devient importante, le contour de la côte ne cesse de se modifier, mouvements de recul et d'avancée de la mer alternent jusqu'à la grande transgression aquitanienne qui clot le cycle.

Plus au Sud, dans la montagne déjà née, des produits de démantèlement descendent vers la plaine, selon un rythme mystérieux, bancs de poudingues, d'argile, de sable et de calcaire lacustre s'entremêlent. Ces rythmes sont certainement liés, d'ailleurs, à ceux qui règlent les allées et venues de la mer, ou les vicissitudes de l'isobathe zéro sur le géoïde.

.../...

Et nous arrivons à l'aube des temps miocènes, qui est une période particulièrement catastrophique pour l'ensemble du domaine alpin, et de la Méditerranée occidentale.

C'est à cette époque, pas tellement lointaine, que les grands mouvements tangentiels pyrénéens, en direction Sud-Nord dans notre région, se sont peut-être produits. Ou, plus exactement, que les relations tectoniques mises en place pendant la phase ypréso-lutétienne, prennent leur valeur actuelle.

Le Burdigalien, l'Helvétien viennent colmater, effacer les cicatrices laissées par ces événements.

Enfin, des oscillations anté-pontiennes, sans doute à grand rayon de courbure, viennent modeler le paysage à peu près comme nous le connaissons aujourd'hui.

A N N E X E

Il m'a paru intéressant de parler ici d'une technique, que j'ai appelée la paléogéomorphologie, et qui utilise la sismique. Les coupes-temps magnétiques, digitalisées ou non, comprennent beaucoup d'informations concernant les niveaux supérieurs. Ces informations, négligées la plupart du temps par les sismiciens, sont perdues pour tout le monde.

Je n'ai pas besoin de souligner le rôle important de la géomorphologie en général, et je suggère ici de s'intéresser à ces niveaux superficiels, d'en dresser des cartes, et d'essayer de comprendre ce qu'elles signifient. C'est ainsi que j'ai été amené en 1966 à dresser la carte ci-jointe, qui est celle des isobathes de la base de la Molasse, au Sud de Pau, dans la région où l'on venait de découvrir le puits productif de Meillon 1.

J'ai postulé que la zone de gradient élevée des isopaques correspondait au champ de gaz jurassique, et j'ai dessiné à l'époque la zone d'intérêt qui y est reportée.

Cinq ans ont passé depuis. De nombreux forages ont été exécutés. Certains se révélèrent positifs, d'autres non. Mais tous ceux qui furent implantés dans la zone de gradient élevée de la base de la Molasse, se révélèrent positifs pour le problème lié à la découverte de Meillon 1.

Il est évident que la "zone d'intérêt" que j'avais envisagée reflète bien l'allure du champ. J'avais fait l'hypothèse implicite d'un drapé de la Molasse, sur une falaise de calcaire jurassique, qui laisse encore voir son influence sous des milliers de mètres de sédiments, assez argileux dans l'ensemble, du Flysch et de l'Albo-Aptien.

La paléogéomorphologie, comme l'étude d'un modelé topographique de surface ou de photos aériennes, est donc une technique à laquelle il faut penser, pour aller du connu vers l'inconnu.

TITRE IV

LE NORD DES PETITES PYRENEES

INTRODUCTION

Il s'agit là d'une région qui s'étend depuis le Nord des Petites Pyrénées jusqu'à la ride de Créon - Cézan - Lavardens. Seul, le domaine des Petites Pyrénées s'est révélé intéressant sur le plan pétrolier et les sondages, au Nord de ce domaine, sont peu nombreux.

Le Miocène est transgressif largement en bordure de la chaîne, et laisse fort peu de place aux molasses oligocènes ou éocènes, qui affleurent mal.

Par contre, la ride de Créon - Cézan - Lavardens, battue par la sismique, et sur laquelle les forages de Bordères ont été exécutés, permet des observations intéressantes, en ce qui concerne les rapports de position des différents termes molassiques entre eux.

Le plan habituel de description et d'analyse, sera suivi.

La structure d'ensemble est relativement simple, et correspond à une remontée d'ensemble vers le Nord du socle.

Dans ces conditions, la discordance stampienne se voit particulièrement bien, ainsi que l'allure très aplanie des dépôts miocènes, à peine repris par l'orogenèse ante-pontienne.

533-565. Argile versicolore, surtout rouge, qui surmonte des bancs de grès coquilliers, entremêlés de marne grise finement sableuse. C'est le Lutétien inférieur marin, qui comprend au sommet, des termes continentaux condensés.

Puymaurin 1 fut foré tout de suite après la guerre, sur une anomalie tellurique, vérifiée par la sismique réflexion.

La coupe de sondage est la suivante :

0 - 40. Argile à graviers, vers la base un banc de 3 mètres d'argile à gros galets.

40 - 106. Argile, où les graviers deviennent de moins en moins nombreux.

106 - 107. Banc calcaire. Cette alternance de bancs calcaires et d'argile se poursuit jusqu'à la cote 205, qui est la base du Miocène.

205 - 360. Argile

360 - 375. Les graviers deviennent très abondants.

375 - 390. Marnes ligniteuses et pyriteuses, qui reposent sur un sable argileux à Orbitolites et intercalations de grès calcaire très fossilifère à Nummulites globulus, Albéoline oblonga, débris d'oursins.

Puymaurin 2, où la molasse continentale se poursuit jusqu'à la cote 483 a été mal carotté par Schlumberger à ces niveaux. Les diagraphies sont peu expressives, et je ne les présente pas. Tout au plus peut-on supposer que le Miocène, argile à graviers, se poursuit jusqu'à la cote - 55 par rapport au niveau de la mer - à Puymaurin 1, cette cote serait à - 12 et à Saint-Laurent 101 à 0.

La base du Miocène, repose en discordance sur des niveaux continentaux de l'Eocène supérieur.

Les mouvements orogéniques qui ont structuré cet anticlinal sont bien datés de l'anté-Miocène

.../...

B) Coupe sismique PA 8

Cette coupe, sur laquelle ont été reportées la trace du toit du Crétacé supérieur et celle de la base des sables de Lussagnet, met en évidence les faits suivants : quasi parallélisme de ces deux niveaux, discordance nette de la base du Miocène, faiblement reployé par les mouvements pontiens. Il est évident que la phase orogénique importante est anté-Miocène.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION

CHAPITRE I : Base

CHAPITRE II : La trame des profils sismiques et des sondages

CHAPITRE III : Liaison avec les affleurements

CHAPITRE IV : Les cartes d'isobathes et d'isopaques

CONCLUSION

TITRE IV

CHAPITRE I

LES BASES

Je présenterai ci-dessous une coupe sismique interprétée. La coupe, PA 8, est appuyée sur 3 forages situés sur la ride enterrée de Puymaurin.

A) Les sondages Saint-Laurent 101 et Puymaurin 1 et 2

Ces forages anciens, exécutés peu après la guerre par la Régie Autonome des Pétroles, furent implantés sur un bourrelet anticlinal qui se détache, en direction WNW des Petites Pyrénées.

Saint-Laurent donne la coupe suivante : une argile brun-rouge à graviers existe jusqu'à la cote 137.

137-220 : Alternance d'argile et de bancs gréseux, c'est le Miocène.

220-502 : De 335 à 340, c'est un niveau de calcaire sublithographique beige à jaune, parfois rosé, à très petits ostracodes. Ensemble essentiellement argileux depuis 340 à 380 quelques passages de graviers et de calcaire à grain fin. Les faciès, plus grossiers de 220 à 300, correspondraient au poudingue de Palassou (PR).

502-533 : Bancs de sable à grain moyen ou grossier. Petits Foraminifères remaniés. C'est l'équivalent du "Sable de Lussagnet".

.../...

TITRE IV

CHAPITRE II

LA TRAME DES PROFILS SISMIQUES ET DES FORAGES

Je vais présenter, au cours des pages qui vont suivre, un certain nombre de coupes de forage, coupes lithologiques ou de diagraphies électriques et nucléaires, et de profils sismiques, coupes profondeur "habillées".

Avant d'aller plus loin, il est bon de donner la nomenclature de ces documents, dont le lecteur retrouvera la position sur la carte au 1/200 000ème destinée à cet effet.

A - Liste des sondages étudiés

Bordères 102 et 101
Galan 1
Galan 101
Castelnau Magnoac 1
Gensac 6
Mondilhan 1 - 2 - 3
Escanecrabe 101 - 102
Saint-Laurent 101
Puymaurin 1 et 2
Antin 1 - 2 - 3
Villecomtal 1
Palanne 1
Saint-Médard 3 - HI - 2
Gimont 1
Vic Fezensac 1
Avensac 101

.../...

B - Liste des coupes sismiques interprétées

MR1U8
CB1T5 - MR1U5
MR1V9
MR1V2
MR1V10
RS1
RS2
RS3
RS4
RS7
RS8
GL1R6
GL1R11
GL1R2
GL1R4
GL1R10
GL1R1
GL1R12
MB7
CB1T19
22
23
24

1) Les M1RU donnent une image qui se corrèle bien, de l'une à l'autre coupe. La faille F qui se retrouve de l'une à l'autre, et qui finit par se confondre avec l'anticlinal à coeur triasique de St-Médard, occupe une place à part. Cet accident limite une région Sud, où l'Eocène marin est relativement épais, d'une région Nord, où le même terrain ne dépasse pas 100 mètres d'épaisseur. La condensation, des termes de l'Eocène, qui s'opère ailleurs de façon ménagée, est donc brutale le long de cet accident, qui va de St-Médard, et se dirige vers l'Ouest-Nord-Ouest vers Lussagnet. Les structures de

.../...

Bassoues et Riscle, à l'Ouest, sont intéressées par cet accident, qui présente par ailleurs souvent l'allure caractéristique d'une faille de distension. La structure de Saint-Médard, entre autres, doit sans doute son origine à l'intrusion et au gonflement du Trias, injecté entre les deux lèvres de la faille.

Bien d'autres exemples de ce type de faille peuvent s'observer au Nord de cet accident principal F.

2) Les profils RS, qui sont situés dans l'ensemble dans un pays au Nord-Est de cette faille principale, montrent de nombreux exemples d'accidents du même type.

La base du Stampien est parfois concernée. Il arrive même que le Miocène le soit, bien que, dans l'ensemble, il passe sans être affecté au-dessus de ces cassures.

L'anticlinal de Bordères, et sans doute les structures qui font partie du même alignement, paraît être d'un autre type, et présenter au contraire l'allure d'un anticlinal "poussé" du Sud vers le Nord.

3) Les profils GL1R qui se situent à l'Est de Bordères, et intéressent le prolongement de cette structure, présentent de même un aspect différent, qui fait penser à des phénomènes de compression. La discordance parfaite du Miocène qui vient sceller ces accidents, est remarquable. Les mouvements ante-pontiens ont parfois repris, et faiblement gauchi, le manteau Miocène.

4) La coupe CB1T19, qui passe par le sondage de Galan, ainsi que les profils 22, 23, 24 et N montrent bien également que le paroxysme structural est à dater de l'ante-Miocène.

BORDERES 101

Foré en 1951 par la Régie Autonome des Pétroles, sur un compartiment effondré au Sud des affleurements crétacés de la boutonnière de Cézan - Lavardens. Ce sondage a permis le prélèvement de nombreuses carottes.

8 - 109 : argile et marne. C'est le Miocène continental.

109 - 122 : calcaire blanc, d'eau douce, à grain fin.

122 - 254 : marne plus ou moins sableuse, versicolore, azoïque. L'ensemble 0 - 254 est Miocène.

254 - 320 : argile ocre, tachetée de vert-marne sableuse à grains de quartz - quelques niveaux de sables et de conglomérats. Ce sont les sables du sidérolithique.

320 : le gypse apparaît, dans les marnes ou les sables.

536 - 556 : calcaire marneux, Planorbes et Limnées.

565 - 579 : dolomie à grain fin.

579 - 625 : argile gypseuse.

625 - 648 : calcaire à Planorbes et Characées.

648 - 682 : marne gypseuse.

682 - 697 : calcaire et marnocalcaire à Planorbes, Limnées, Characées.

697 - 708 : argile versicolore gypseuse.

708 - 742 : sable fin à grossier, parfois conglomératique. C'est un faciès équivalent au "sable de Lussagnet".

L'Eocène, très réduit est représenté par 15 mètres d'argile verte et calcaire dolomitique, à débris charbonneux et ambre, avant d'atteindre les marnes du Maestrichtien.

.../...

Sur le vu des diagraphies, il est difficile de tenter des corrélations entre Bordères 1 et 102. Tout au plus peut-on apprécier les passages de calcaire à Planorbes, qui apparaissent de façon assez expressive sur le diagramme de résistivité.

M. G. ASTRE a étudié en 1950 quelques carottes en provenance de Bordère 101. Voici, en résumé, ses diagnostics :

549 m : calcaire marneux assez compact - sections d'un petit Planorbe.

648 m : calcaire très marneux crème, à flammules rougeâtres, et de texture bréchique par endroits. Gypse lamellaire fréquent, nombreux fossiles :

- Planorbes conterraneus NOULET
- Limnea armaniaceusis NOULET
- Graines de légumineuses

649 m : calcaire marneux, à cassure plus spathique, gris clair presque blanc. Gypse lamellaire même faune de Planorbes et de Limnées que précédemment.

Les conclusions de G. ASTRE sont les suivantes :

"Malgré la délicatesse des déterminations spécifiques des mollusques continentaux, aucune hésitation n'est possible et nous avons confirmé ces identifications par comparaison directe avec les types mêmes de NOULET. La liste de ces fossiles constitue une part de la faune décrite sous le nom de mollusques continentaux des calcaires de Masca, dont l'âge stratigraphique se range dans un Oligocène assez élevé ou un Miocène très inférieur".

BORDERES 102

Ce puits, implanté au Nord de l'affleurement de Cezan Lavardens, foré en 1951 par la R.A.P., présente la coupe suivante :

0 - 16 : calcaire fin. Ce sont les calcaires des hauteurs d'Auch, du Miocène.

de 110 à 140 : bancs calcaires de teinte claire. Couches rougeâtres à graviers. Miocène.

de 335 à 375 : des bancs de gypse apparaissent, et, dès lors, ce gypse persistera d'une manière plus ou moins nette. Il est peut-être possible de compare. ces bancs avec ceux de 332 mètres à Bordères 101.

de 440 à 560 : sable ocre à gris, calcarifère et micacé. Quelques passages argileux.

de 560 à 618 : ensemble surtout argileux. Quelques bancs de grès à grain fin, suivis, de 618 à 720 par un ensemble de bancs gréseux gypsifères dominants sur l'argile.

Le sondage se termine à 750 mètres dans des marnes ocre gypseuses. Les diagraphies électriques, anciennes, sont mauvaises et sans grande signification. Les assises marno-gréseuses sont très monotones. L'association des minéraux est épidote-zoïsite-grenat-apatite, qui est fréquente depuis le Miocène jusqu'à l'Eocène supérieur. D'après G. TCHIMICHKIAN, le fond du sondage, à 750, n'était pas loin des calcaires à Planorbes de la boutonnière de Cezan Lavardens, et qui ont été atteints à 625 mètres à Bordères 101.

.../...

G. TCHIMICHKIAN, de la R.A.P. a d'autre part étudié, au point de vue contenu en minéraux lourds, la molasse de Bordères 101. Il a été comparé aux échantillons mio-oligocènes des affleurements de Moncrabeau, Lectoure et du Castera.

La molasse inférieure de l'Armagnac, du Miocène, est caractérisée par l'Epidote, Zoïsite, Grenat, un ensemble constant et qui dénote d'ailleurs une origine pyrénéenne.

Dans les calcaires à Planorbes et les sables sidérolithiques, c'est l'association Staurotide-Disthène qui est dominante et qui caractérise l'Eocène inférieur à moyen, partout ailleurs.

Les carottes de Bordères 101 ont permis à G. TCHIMICHKIAN de faire les hypothèses suivantes :

0 - 254 : c'est le Miocène

254 - 320 : sables, argiles à faciès typique du sidérolithique. "Les grains de Disthène sont assez grossiers avec des taches bleuâtres. Cette formation est parfaitement semblable aux sables sidérolithiques qui affleurent à la surface de la boutonnière de Cezan Lavardens".

320 - 625 : marnes, argiles et sables/gypse/. Quelques intercalations calcaires et dolomitiques à la base. C'est l'association épidote-zoïsite-grenat. Plus de Disthène, traces de Staurotide.

625 - 708 : calcaire argileux et marne gypsifère. C'est à nouveau l'association Disthène, Staurotide. Ces niveaux correspondent parfaitement aux calcaires à Planorbes de la surface.

.../...

708 - 742 : sables et graviers. L'association staurotide-disthène est dominante.

Je cite G. TCHIMICHKIAN : "L'analogie des minéraux de ces sables est particulièrement frappante avec les sables sidérolithiques de la surface de la boutonnière, d'une part, et, d'autre part, avec le niveau 254-320 du sondage".

D'autre part, les calcaires à Planorbes, et les sables, équivalents des sables de Lussagnet sont caractérisés par une même association de minéraux lourds.

L'âge des calcaires à Planorbes est donc posé. D'après G. ASTRE, nous avons vu qu'il s'agirait d'Aquitanien tout à fait supérieur, équivalent des calcaires gris de l'Agenais.

Ce qui laisserait supposer que, tout ce qui est au-dessus de ces calcaires est Miocène, avec une faille post-Miocène redoublant les sables de Lussagnet vers 254 - Or la faille dont il s'agit, et qui est bien connue en surface, et passe en direction Sud-Est, à peu près par le forage de Bordères 101 or, en surface, là où on peut suivre son tracé, le Miocène n'en est pas affecté, elle est visiblement anté-Miocène - Il y a contradiction.

Le calcaire gris de l'Agenais, a été étudié par Madame REULET, et les minéraux lourds qui le caractérisent "sont les mêmes que ceux de la molasse mio-Oligocène, Epidote, Zoïsite, Grenat et Apatite, soit des minéraux en provenance des Pyrénées. Or, à Bordères 101, les calcaires à Planorbes présentent l'association staurotide disthène, caractéristiques de l'Eocène. Il existe d'ailleurs des Planorbes dans le Lutétien moyen à supérieur, et dans le Sannoisien. Citons L. MORET :

"La classification des Gastéropodes en général est difficile à établir pour les paléontologistes, car la coquille ne reflète que très imparfaitement la structure des parties molles, et sa forme est parfois très variable chez une même espèce". L. MORET (Manuel de Paléontologie animale).

"Les Planorbes sont caractéristiques à cet égard. Planorbus multiformis du Miocène lacustre de Steinheim (Wurtemberg) présente un extrême polymorphisme, sous l'influence des variations du milieu".

.../...

La boutonnière de Cezan Lavardens, et le sondage de Bordères 101 ne présenteraient plus dès lors le moindre mystère : il s'agirait d'une succession classique : sable de Lussagnet, reposant sur le Maestrichtien - Au-dessus, des calcaires argileux et des marnes de la zone des alternances.

Le Stampien viendrait ensuite transgressivement. La faille, qui recoupe le sondage, et a été étudiée en surface par L. DREYFUS serait d'âge anté-Miocène, ainsi que l'architecture d'ensemble du pli de Bordères.

MONDILHAN 1 - 2 - 3

Mondilhan 1 a été foré en 1950 par la Régie Autonome des Pétroles.

Sous quelques mètres d'alluvions, la sonde a pénétré jusqu'à 506 mètres une Molasse continentale, formée de marnes bariolées jaunes, blanchâtres, vertes ou brunes et des argiles brun-rouge finement sableuses renfermant des galets de roches diverses, ainsi que des intercalations de sables fins à graviers de quartz plus ou moins roulés.

A 506 mètres, apparaît un calcaire crème, marin, fossilifère, à grains de quartz jusqu'à 586 mètres, à Echinodermes, Polypiers, Lamellibranches, Alvéolines et Milioles.

Mondilhan 2, au Sud, foré en 1951-52 par la même Société, a recoupé jusqu'à 212 mètres une marne ou argile ocre, sableuse, à lits de graviers, plus abondants à partir de 183 mètres. La couleur change vers 210 mètres et la marne devient rougeâtre et blanchâtre. A 242 mètres, c'est le calcaire crème à Milioles et Alvéolines.

Mondilhan 3, foré la même année par la même Société, entre les deux précédents sondages, a donné la coupe suivante :

Jusqu'à 455 mètres, ce sont des marnes ocre-jaune, bariolées de gris-verdâtre. Passages plus sableux avec petits galets, de 272 à 298 mètres, et vers le bas de la formation.

L'ensemble repose en discordance sur le calcaire danien.

La Molasse discordante, transgressive, est miocène jusqu'à 242 mètres à Mondilhan 2, 280 mètres à Mondilhan 3, 315 mètres à Mondilhan 1, soit aux cotes respectives +34, -8 et -57. La base du Miocène est doucement inclinée du Nord vers le Sud.

Les épisodes molassiques situés de 280 à 455 mètres à Mondilhan 3 et 315 à 506 mètres à Mondilhan 1 sont, sans doute, à dater du Stampien.

La ligne de base des argiles est différente de part et d'autre de ces cotes de contact et cette observation est particulièrement nette à Mondilhan 1.

VILLECOMTAL 1 - PALANNE 1

La coupe de Villecomtal 1 se résume ainsi :

15 - 414 m argile ocre à galets de grès roux, ou à galets siliceux parfois abondants. Il faut signaler cependant, vers 341 m un banc de calcaire beige microcristallin graveleux, et vers 358 m un épisode de calcaire gris clair, à grain très fin. Ce serait le Miocène continental.

Puis, dans un ensemble surtout marneux, entremêlé de bancs de grès plus ou moins grossier, il faut signaler de 796 à 826 m, l'apparition de bancs de calcaire beige. Je placerai volontiers à 826 m la base du Stampien, en m'aidant par ailleurs des critères que nous connaissons bien : allure générale de la courbe du sonic, ligne de base des argiles etc.

Le gypse apparait d'ailleurs vers 940 m, confirmant ainsi l'appartenance à l'Eocène molassique des séries qui seront ensuite traversées par la sonde.

Une passée épaisse de 150 m environ, vers les cotes 1100-1200 montre des alternances répétées de bancs de calcaire gréseux microconglomératiques et de grès fin roux. Cet ensemble nous fait penser au faisceau de Sabarrat.

De 1230 à 1450 m, c'est la zone argileuse que nous avons appris à connaître, argile jaune à versicolore qui repose sur le "sable de Lussagnet" sable plus ou moins grossier avec des intercalations d'argile. Le sable passe, vers 1526, au grès à Nummulites, ypreso lutétien.

Palanne 1 est un sondage récent, implanté en 1970 au Nord de Villecomtal, dans un fond de bassin molassique, mais qui correspond en profondeur à certaines remontées structurales.

Le gypse apparaît vers 950 m, dans les rapports du géologue de sonde mais les critères diagraphiques habituels, ainsi que la comparaison que l'on est tenté de faire avec le sondage voisin de Villecomtal, m'amène à fixer la base du Stampien vers 900 m. Par contre, la base du Miocène continental pourrait se placer vers 510 m, à l'examen des diagraphies de Gamma Ray Neutron.

.../...

De 1375 à 1382 m, il faut signaler une passée de calcaire blanc, argileux, très fin.

De 1574 à 1652m, c'est un sable grossier à microconglomératique avec des délits d'argile grise silteuse et ligniteuse, et des passées de grès grossier. Le grès à Nummulites sous-jacent se poursuit jusqu'à la cote 1695 m.

Si l'on essaie de tenter des corrélations diagraphiques de l'un à l'autre sondage, il est possible d'arriver au résultat suivant :

	Villecomtal	Pallanne
Grès à Nummulites	1526	1656
(GN)	1602	1695
Sable de Lussagnet	1452	1575
(SL)	1526	1656
Zone argileuse	1330	1452
(ZA)	1452	1575

Puis, il apparaît possible de corréler 1230 m à Villecomtal avec 1162 m à Pallanne, et dans les deux sondages, il apparaît au-dessus de ces cotes un ensemble de 150 m environ de puissance qui montre une alternance de bancs résistants, avec bancs conducteurs subordonnée. C'est un faciès caractéristiqu il pourrait s'agir d'une formation très détritique, équivalent lointain du poudingue de Palassou, et dont les limites pourraient ne pas corespondre à des lignes isochrones.

GENSAC 6 ET CASTELNAU MAGNOAC 1

Le sondage de Gensac 6 montre, comme les sondages de Galan 1 et 101, le Miocène transgressif sur l'Yprésien. La base du Miocène, argiles, sables et conglomérats, se situe vers 250 m soit à la cote + 77 mètres.

A Castelnau Magnoac 1, exécuté en 1966-1967, le géologue de sonde a relevé la coupe suivante :

14 - 135 : argile jaune sableuse, à intercalations plus ou moins importantes de graviers.

135 - 271 : le gravier et les sables deviennent dominants sur l'argile.

271 - 695 : conglomérat polygénique à galets de calcaire. Argile sableuse jaune ou rouge.

A 695 apparaît le gypse.

695 - 920 : alternance d'argile jaune à rouge, et de bancs de calcaire beige sublithographique. La Molasse continentale se termine à cette cote.

920 - 942 : sable beige, à grain moyen, très argileux par place. C'est l'équivalent, à influences marines, du sable de Lussagnet.

942 - 990 : calcaire beige crème, sublithographique. Débris zoogènes recristallisés.

990 - 1030 : sable très fin.

1030 - 1082 : calcaire blanc ou rose, à grain très fin. Très nombreuses Nummulites.

Lé Danien est atteint à 1405 m, et il repose sur le Sénonien, à la cote 1800.

Castelnau Magnoac 1 met donc en évidence, une fois de plus, le caractère plus marin que prennent les Sables de Lussagnet en approchant de la chaîne. Il est d'autre part difficile de mettre en évidence la zone argileuse (ZA). Le Stampien, complètement érodé aux temps anté-miocènes sur Gensac 6, est transgressif à Castelnau Magnoac 1.

AUCH 1 et 2

Auch 1 a été foré en 1955 - 1956. En vue de se placer dans une position plus favorable pour recouper un éventuel réservoir au niveau des grès du Trias, sur l'anticlinal d'Auch, le sondage Auch 2 a été exécuté en 1968.

Auch 1 donne la coupe suivante :

0 - 190 : Miocène.

190 - 532 : argile plus ou moins sableuse, avec bancs de sable et de grès.

Le gypse apparaît à 532 m.

532 - 625 : argile grise ou rouge entremêlée de bancs gréseux. Gypse.

625 - 705 : ensemble essentiellement argileux.

705 - 765 : alternance d'argile à gypse et de sables.

765 - 844 : sable parfois très grossier, avec un banc de conglomérat au sommet. Quelques passées d'argile verte.

844 - 918 : c'est le Dano-Paléocène, dolomies et argile bariolée à la base, reposant sur le Sénonien.

Auch 2 donne une coupe sensiblement comparable, mais intéressante parce qu'elle comporte un sonic et un latérolog, qui n'existaient pas à Auch 1, où nous disposons d'un log de résistivité.

.../...

Le gypse apparaît à 550 au lieu de 532. Le Sable de Lussagnet a été recoupé de 825 à 895, et une passée d'argile verdâtre, de 897 à 920, existe à la base de ces sables, et repose sur la dolomie Dano-Paléocène, avec argile bariolée à la base, qui forme transition avec le Sénonien marin.

ANTIN 1

Foré en 1947. Ce sondage traverse d'abord 100 mètres d'argile sableuse jaune à graviers. La base du Miocène pourrait se placer à + 179 par rapport au niveau de la mer.

100 - 174 m : marne et argile - A 174, c'est la base du Miocène transgressif.

174 - 220 m : sable argileux et marne. C'est la zone des alternances ZAL.

220 - 344 m : sable quartzeux fin, gris à rosé avec des lits d'argile grise - Ostracodes, Nummulites remaniées. C'est le sable de Lussagnet SL qui repose sur l'Yprésien.

Je ne donne pas le figuré électrique. Les logs ont été effectués à partir de la cote 300 mètres.

ANTIN 2

4 - 105 m. : argile jaune à graviers. Petits galets de roches calcaires et siliceuses.

105 - 300 m. : marnes jaunes.

300 - 720 m. : marne jaune plus ou moins sableuse avec nombreux passages de conglomérats, galets de roches calcaires diverses.

720 - 895 m. : ensemble essentiellement argileux, bariolé comprenant quelques bancs gréseux, surtout vers le haut. C'est la zone argileuse (ZA).

895 - 960 m. : sable grossier ligniteux, Alvéolines, petits Lamellibranches, surmonté de marnes noires. Sable de Lussagnet (SL) qui repose sur l'Ypresien.

La base du Miocène serait atteinte à + 215. Comme Antin 2 est situé à quelques kilomètres à l'Est du groupe Antin 1 et 2, il semble que le Miocène à peu près horizontal, présente cependant un faible pendage dans cette direction, la base du Miocène présente en effet une dénivelée de 215-179=36 m.

.../...

ANTIN 3

0 - 92 m. : argile jaune à ocre, plastique, sableuse, avec passées de graviers calcaires ou siliceux. Foraminifères et débris d'Echinodermes, remaniés.

92 - 455 m. : marne ocre à passages calcaire ou gréseux, parfois conglomératiques. Les graviers remaniés sont d'âge divers, crétacés pour la plupart.

455 - 642 m. : ensemble essentiellement argileux. C'est la zone argileuse (ZA)

642 - 700 m. : alternance de marne très sableuse et sable quartzeux. Débris de tests de Lamellibranches et Gastropodes - Nummulites.

700 - 823 m. : calcaire gréseux, grossier, passant à la base à du sable. Ce sont les sables de Lussagnet. Rare microfaune, Nummulites, débris de mollusques.

823 - 871 m. : marne à débris de Mollusques, Ostracodes, Bryozoaires, passant vers 871 à la barre calcaire Dano-Paléocène.

La base du Miocène,pourrait se situer vers 92, soit + 170 par rapport au niveau de la mer.

.../...

SAINT-MEDARD 2

Date de forage : 1951-52.

70 - 85 : calcaire fin de teinte claire.

Les argiles jaunes et rouges, à petits niveaux de sable et de graviers, se poursuivent jusqu'à la cote 140.

140 - 790 : argile de diverses couleurs, au sein desquelles apparaissent, avec une fréquence irrégulière des bancs de calcaire fin ou très fin, de teinte claire, et des niveaux parfois très sableux.
La série se termine vers 780 m par un banc épais de 10 mètres de calcaire sublithographique blanc crème.

790 - 920 : argile ocre jaune, gypseuse, avec des bancs de calcaire de teinte claire.

920 - 1050 : ensemble essentiellement argileux. Argile bariolée de jaune, violet et gris.

1050 - 1100 : alternance d'argile et de grès argileux bariolés, fins à grossiers.

1100 - 1230 : sable fin ou grossier, micacé, formé de grains de quartz blanc ou translucide, ronds ou anguleux, entremêlé de bancs d'argile noire à verdâtre.

1230 - 1260 : argile grise, noire, verte, tachetée de rouge.

A 1260, le sondage recoupe un calcaire gréseux gris beige, à Milioles, comprenant à la base un banc de grès grossier.

SAINT-MEDARD 3

Forage en 1957.

Jusqu'à 380, ce sont des argiles ocre avec bancs de grès ou de conglomérats à galets de roches calcaires ou siliceuses. La série se termine par un banc de calcaire très argileux blanc.

380 - 525 : ensemble essentiellement argileux, surtout à partir de 440.

525 - 602 : sables fins à grossiers passant parfois à un conglomérat siliceux. Petits passages de marne jaune.

602 - 678 : argile ocre et rouge, avec bancs gréseux subordonnés.

678 - 713 : calcaire à Milioles, et Gastropodes, passant ensuite à la barre dolomitique du Dano-Paléocène.

GALAN 1 ET 101

Ces forages anciens ont montré un Miocène continental, transgressif et discordant sur l'Yprésien.

Ce Miocène est formé à Galan 1 d'une argile jaune à niveaux de graviers, qui repose à 235 mètres, soit à + 118 mètres par rapport au niveau de la mer, sur le "grès à Nummulites" (GN). Le sable de Lussagnet a disparu par érosion, il existe sûrement sous la discordance Miocène à quelques centaines de mètres au Nord du sondage.

Galan 101, situé plus au Sud, a recoupé sur 172 mètres, soit jusqu'à la cote + 176 mètres une argile plastique jaunâtre avec bancs de conglomérats. C'est ce que j'ai appelé le poudingue de Crouzel. Ce Miocène repose en discordance sur les argiles yprésiennes. Les grès à Nummulites de Galan 1 ont à leur tour disparu.

Je n'ai pas donné de diagraphies, car l'épaisseur des séries continentales est trop faible, et à Galan 101, il n'a pas été exécuté d'opérations Schlumberger au droit de ces niveaux.

La discordance ante-Miocène est évidente. Sous le Miocène continental transgressif, les miroirs éocènes ou oligocènes sont plus ou moins parallèles entre eux, et cette disposition va au moins, jusqu'au toit du Crétacé. Ce sont donc essentiellement les mouvements ante-miocènes qui ont structuré cette région.

GIMONT I

Z : 210 m

Foré en 1958

Le gypse apparaît à 525 m. Au-dessus, il est possible de distinguer deux ensembles.

0 - 240 m. : argile ocre, comprenant des bancs de sable ou de grès. C'est le Miocène, dont la base est à - 30.

240 - 525 m. : même formation, mais moins de détritique grossier. Quelques bancs de calcaire marneux.

575 - 640 m. : marnes gypsifères à nodules de gypse fibreux, passages de sable et grès fin. L'ensemble est résistant sur la diagraphie électrique. Equivalent du niveau de base du pondingue de Palassou (PP)

640 - 700 m. : marnes bariolées, de teinte rouge prédominante. C'est la zone argileuse (ZA).

700 - 730 m. : sables parfois très grossiers, ou conglomératiques. Ce sont peut-être les sables de Lussagnet. Ils reposent sur des marnes rouge brique bariolées de jaune.

De 782 à 784 m. : il faut signaler une argile noire à débris charbonneux. Des graviers et dragées de quartz apparaissent vers 798 m. et sont issus d'un conglomérat qui persiste jusqu'à 803 m., où ils reposent sur une dolomie jurassique.

AVENSAC 101

Z = 179

Foré en 1956, ce sondage a traversé, de 8 à 20 mètres, un calcaire très fin, rosé à clair.

Jusqu'à 120, ce sont des argiles avec petits bancs de calcaire à grain fin. Il s'agit sans doute du Miocène.

120 - 405 m : argile et bancs de calcaire marneux. Cette formation représenterait le Stampien.

405 - 475 m : alternance de bancs de grès ou de sable, parfois grossier, et d'argile ocre à rougeâtre. Le gypse fibreux apparaît en traces. C'est l'équivalent lointain du poudingue de Palassou (PP).

475 - 540 m : niveaux plus argileux.

540 - 580 m : sable plus ou moins grossier, bancs de lignite. Gypse. Ce sont les sables de Lussagnet.

580 - 639 m : argiles bariolées, avec de nombreux niveaux de sable grossier, très riche en bancs de lignite.

639 - 649 m : dolomie. C'est sans doute le Danien, qui repose sur le Crétacé supérieur à 649.

De 580 à 649, les couches continentales ou lacustres rencontrées par le sondage correspondent à des niveaux de condensation équivalant aux séries marines qui se développent vers le Sud Ouest.

VIC-FEZENSAC

Z : 128

Foré en 1956-57 par la Société Nationale de Pétroles d'Aquitaine, la coupe est la suivante :

0 - 154 m : argile jaune à graviers calcaires. Miocène.

154 - 355 m : argile versicolore. Graviers calcaires, siliceux et gréseux. C'est le Stampien.

Le gypse apparaît à la cote 355, et on peut distinguer :

355 - 440 m : grès ou calcaire en bancs, et argile ocre subordonnée.

440 - 510 m : argile jaunâtre, versicolore depuis 484.

510 - 580 m : alternance de bancs de calcaire blanchâtre à Characées, et d'argile. L'équivalent du poudingue de Palassou est, comme il est fréquent, subdivisé en 3 zones, dont une argileuse.

580 - 628 m : argile versicolore. C'est la zone argileuse (ZA).

628 - 665 m : sable siliceux parfois grossier, à grain plus ou moins arrondi. Ce sont les sables de Lussagnet.

665 - 698 m : marne versicolore gypseuse, et bancs de grès.

698 - 750 m : calcaire blanc à beige, plus ou moins gréseux. Anhydrite. C'est le Dano-Paléocène, qui repose sur le Sénonien par l'intermédiaire d'un niveau argileux.

Il n'existe plus d'Eocène marin. Les niveaux de condensation 665 à 750 représentent les équivalents continentaux des divers termes de l'Eocène inférieur à moyen, qui se présentent sous des faciès marins vers le Sud.

ESCANECRABE 101 et 102

Ces petits forages anciens ont le mérite de montrer les rapports de la molasse miocène avec son substratum.

Es 101 a traversé 180 mètres de molasse, argile sableuse à passées de graviers, avant d'atteindre le calcaire à Milioles de l'Eocène. La cote de la base du Miocène par rapport au niveau de la mer est donc + 71.

Es 102, qui est situé sur le plongement périclinal est de la structure à 3 kilomètres environ, a traversé 483 mètres d'argile sableuse à passées de graviers, du Miocène. Ce qui situe sa base à - 123. Il s'est donc produit des mouvements post miocènes assez importants, quipuissent assurer ce gauchissement.

Mais à Es 102, le Miocène transgresse sur des sables, sans doute équivalents du sable de Lussagnet, qui repose sur le calcaire à Milioles équivalent de celui rencontré à Es 101 à partir de 180 mètres. La transgression miocène a respecté à Es 102 une quarantaine de mètres de sables qui ont été érodés à Es 101.

Les phénomènes de remaniement, à la base du miocène, sont d'ailleurs communs. Il a été par exemple trouvé Globotruncana arca à 451, dans les argiles miocènes d'Es 102.

TITRE IV

Chapitre III

Liaison avec les affleurements

LES PETITES PYRENEES

La carte que je donne ici a été levée sur photos aériennes par M. LICHTI, et a fait l'objet d'un rapport interne de la S.N.P.A.

Je distinguerai, et je décrirai trois ensembles de terrains, qui sont liés par une histoire géologique commune.

1) CRETACE - NUMMULITIQUE - POUDINGUE DE PALASSOU

Ces terrains forment les divers anticlinaux et synclinaux dont M. LICHTI donne une définition précise. Le Crétacé affleure au coeur des structures, les poudingues remplissent les synclinaux, le Nummulitique forme les escarpements des flancs anticlinaux.

Tous ces terrains sont parfaitement concordants, il y a eu des allées et venues de la mer, passage du marin au continental, sans détruire l'harmonie de rapports des dépôts. Il est, de cette manière, particulièrement facile de comprendre que la limite de la mer n'est qu'un épiphénomène, une variation de quelques dizaines de mètres des fonds sous-marins, ou de la plaine côtière, peut modifier entièrement l'apparence des sédiments, sans que l'on soit en droit pour autant de parler de phase tectonique.

Voici comment LEYMERIE décrit la formation des poudingues de Palassou :

"Le terrain épicrétacé se termine, dans le massif d'Ausseing et même dans toutes les Pyrénées Centrales, par une assise puissante d'un poudingue à gros éléments calcaires, alternant avec des couches de grès souvent marneux. Le ciment est terreux, grossier, et passe de la marne au grès et au calcaire ; il est blanchâtre, jaunâtre ou rougeâtre, quelquefois jaspé de rouge et de violet. Les éléments de ce poudingue sont des calcaires compacts blanchâtres de notre première assise épicrétacée, des calcaires nankins crétacés et même des

.../...

calcaires à Requienies ; il renferme aussi des fragments schisteux du terrain crétacé inférieur. Quelquefois il se présente sous la forme d'un conglomérat très grossier renfermant des blocs très imparfaitement arrondis.

A Furnes, près Cassaigne, on voit les mêmes bancs alterner avec un grès calcaire roux, pétri de fragments de coquilles, et où l'on trouve des peignes, des dents de Squales et quelques autres fossiles, et céder même la place à ce grès qui est exploité là comme pierre de taille".

Le grès de Furnes est l'équivalent du grès de Saint-Quentin, ou des sables de Lussagnet.

Les couches de poudingues de Palassou, qui affleurent dans les synclinaux des Petites Pyrénées, sont à rapporter, d'après notre nomenclature, au GN (grès à Nummulites)
SL (sable de Lussagnet)
ZAL (zone des alternances)
et peut-être un peu de ZA (zone argileuxe) au coeur des synclinaux.

Le poudingue de Palassou proprement dit, que je ferai débuter au Bartonien supérieur, ne serait pas représenté ici.

2) STAMPIEN - AQUITANIEN

D'après F. CROUZEL : "en bordure Nord de l'anticlinal de Plagne, apparaissent les poudingues de Palassou, ici très calcaires, déversés vers le Nord-Est, et concordant avec les couches plus anciennes". Et, en discordance, affleurent plus au Nord des cailloutis et des poudingues, à nombreux éléments siliceux et granitiques. Ce seraient les poudingues de Jurançon, allant du Stampien à l'Aquitanien.

3) MIOCENE

Le Miocène vient transgressivement reposer indistinctement sur n'importe laquelle des unités précédentes. A la base, un calcaire lacustre à Helix Carteti, équivalent du calcaire de Saint-Ybars, plus haut, les molasses helvétiennes à Mastodontes.

.../...

La carte ci-jointe montre à l'évidence les effets de la phase paroxysmale anté-miocène. A l'occasion de cette phase, le Trias de Betchat est venu gicler, et recouvrir une partie du synclinal de Cassaigne.

Le Pontien, enfin, a noyé sous des décharges torrentielles importantes, le modelé acquis au cours de la période d'érosion de la fin du Tortonien.

Il y a eu, vers la fin du Tortonien reprise de mouvements au sein de la chaîne, et plus particulièrement je pense, au niveau des massifs axiaux. Les galets de ces décharges sont en effet essentiellement formés de roches primaires.

L'ANTICLINAL de CEZAN LAVARDENS, ou de BORDERES

Je me suis étendu assez longuement, au cours du Chapitre II, sur l'analyse des sondages effectués sur cet anticlinal.

Entre Cézan et Lavardens, un pointement de Maestrichtien affleure près de la métairie Bordères ; sur 1,6 km en direction Est-Ouest et environ 500 mètres de largeur, ce noyau Maestrichtien est entouré de sables fluviatiles, de calcaires à Planorbes et de molasses miocènes. Le sondage Bordères H2, exécuté en 1945, reconnut jusqu'à 503,65 m le Jurassique dolomitique, avec le Maestrichtien transgressif au-dessus, de 0 à 44,6 m. Cette incursion marine au Crétacé supérieur fut la dernière. Après la régression danienne, la mer ne devait plus jamais atteindre cette région du Gers. (Voir la carte, Chapitre III)

Sur le Maestrichtien à Rudistes, des sables fluviatiles viennent ceinturer le noyau crétacé de la structure. Ce sont des sables siliceux ferrugineux, avec intercalations lenticulaires d'argile et des graviers quartzeux. A. VATAN les caractérise par le disthène et la staurotide vermiculée. De ces divers minéraux, le disthène, provenant du Massif Central, est le plus important. Il permet de différencier ces sables des formations de molasses, d'origine pyrénéenne, où le disthène n'a jamais été reconnu, mais qui renferment du grenat et de l'andalousite. L'étude minéralogique de A. VATAN et l'examen lithologique permettent de comparer sans ambiguïté ces sables aux "Sables de Lussagnet", de Garlin, de St-Médard 1, de 224 à 251 m, et d'Antin 1, de 220 à 344 m.

Leur âge paraît être Eocène moyen à supérieur. A. VATAN a noté les variations de direction d'apport, qui, à l'Eocène moyen et supérieur, viennent du Massif Central, tandis qu'à partir de l'Oligocène, les apports sédimentaires se font à partir des Pyrénées.

.../...

POINTEMENT DE CEZAN - LAVARDENS

Echelle 1:50000

Quaternaire

Burdigalien sup.
Burdigalien inf.

Aquitanien

Sidérolithique

Maestrichtien

Les calcaires à Planorbes recouvrent les sables et sont faiblement discordants, et ils affleurent largement au Nord et à l'Ouest de la structure Jurassique. M. DREYFUSS (Rapport interne SNPA) y a recueilli Planorbis conterranense Noulet, Helix Vasconensis Noulet, Lymnea armagnacencis Noulet, Cyclostoma vasconensis Noulet déterminés par G. ASTRE qui pense qu'il s'agit d'Aquitanien supérieur, équivalent probable du calcaire gris de l'Agenais.

Il faut ouvrir ici une parenthèse. D'après M. DREYFUSS (1943), ces calcaires à Planorbes recouvrent les sables, et sont plissés. A la base des calcaires, existe un niveau d'argile versicolore. Les calcaires auraient une puissance d'environ 100 mètres, bien supérieure à celle du calcaire gris de l'Agenais, dont G. ASTRE voudrait les rapprocher.

Si l'on tient compte des observations que j'ai développées au cours du Chapitre II au sujet des sondages de Bordères, le lecteur se rendra compte qu'il s'agit là des mêmes terrains d'âge Eocène moyen à supérieur, recoupés de 625 à 742 mètres par Bordères 101.

Dans ce cas, il faut abandonner l'assimilation que G. ASTRE préconise, avec le calcaire aquitanien de l'Agenais.

Il est possible que la Molasse stampienne, qui viendrait en discordance sur le calcaire à Planorbes, soit représentée dans des termes que G. DREYFUSS décrit, et qu'il attribue à la base du Miocène. "Vers l'Est, il y a sous un niveau calcaire à taches jaunes un important développement d'argiles rouges (Roses). En se déplaçant vers Masca, on suit le même niveau calcaire, qui vient reposer directement sur les sables, et se montre fossilifère : on y trouve en particulier Cyclostoma vasconense de petite taille, Lymnea pachygaster var. Larteti NOULET et de petits Planorbes. A l'Hérété, les bancs les plus inférieurs du calcaire sont rubéfiés et riches en grains de quartz.

.../...

A l'Ouest de Jouaitard et plus à l'Ouest, les calcaires augmentent de puissance ; ils semblent empiéter dans une large mesure sur les Molasses qui leur sont superposées (au-dessus des anciennes carrières de marbre des environs de Castéra-Vieux). Enfin, sur toute la bordure Sud des affleurements anté-miocènes, les niveaux inférieurs de cette série comprennent des calcaires riches en graviers de quartz passant même parfois (Sud de Peyrette) à un grès à ciment calcaire ou à une brèche polygénique".

Les Molasses miocènes recouvrent indistinctement les calcaires à Planorbes, le sable ou le Maestrichtien. Le calcaire des hauteurs d'Auch forme le bord des plateaux.

Les calcaires à Planorbes dessinent un pli principal superposé à celui qui affecte le Crétacé, fermé à l'Est comme à l'Ouest avec des pendages très accentués. Ce pli est affecté d'un décrochement Nord-Sud sur son flanc Nord, visible dans les sables éocènes. Il existe un déversement vers le Nord du pli principal, dont il est possible de saisir de nombreuses apparences.

Il existe une dysharmonie structurale intense entre le Burdigalien et ce qui est sous-jacent, traduisant l'importance de ces mouvements anté-burdigaliens, dont j'ai relevé déjà tant d'exemples. La phase anté-burdigalienne donne au paysage, à peu de choses près, son allure actuelle.

TITRE IV

CHAPITRE IV

Les différentes cartes que je présente ici ont trait, comme pour les autres chapitres, aux différents horizons dont nous suivons l'évolution, et qui scandent les âges géologiques.

1) Isobathes du toit du Crétacé supérieur

Cette carte a été établie par les services géophysiques de la S.N.P.A., mais assez largement modifiée par moi. Deux accidents principaux méritent une mention particulière :

a) la faille F, dirigée d'abord NW-SE, puis qui s'infléchit vers l'Ouest, paraît avoir le caractère d'une faille de distension, qui a permis çà et là l'intrusion de masse salifère du Keuper entre ses lèvres, et qui est en conséquence jalonnée de bourrelets anticlinaux. Au Nord de cette limite, et jusqu'aux structures de Bordères-Cezan-Lavardens, tous les accidents qui surviennent au toit du Crétacé sont de distension. D'autre part, cette faille F limite un pays Sud, à Tertiaire marin assez épais, d'un pays Nord, où il ne dépasse pas 100 mètres de puissance.

La faille Φ qui limite au Nord-Ouest le pays des Petites Pyrénées, possède une direction bien différente : elle est ENE-WSW. L'accident qui donnera naissance aux structures d'Antin-Maubourguet-Garlin vient s'implanter sur cette faille Φ, un peu comme le fait F. Φ est une faille de transcurrence, fondamentale, et se prolonge à l'Est par la faille de Muret. Φ comprend de nombreuses annexes qui lui sont plus ou moins parallèles.

2) Isobathes de la base de la Molasse

Cette carte, sur laquelle ont été reportées quelques isobathes de la base du Miocène, qui vient en discordance complète, au Sud, sceller les structures des Petites Pyrénées, montre une certaine "atténuation" des accidents du toit du Crétacé surtout au Sud de la faille F. Cette "atténuation" est due

../...

au lissage de la discordance ypréso-lutétienne. Au Nord de F, les accidents de distension impressionnent fortement la carte.

3) Isobathes de la base du Stampien

Comme on le voit, ces accidents de distension influencent partiellement la base du Stampien lui-même qui vient transgressivement en lisser beaucoup d'autres.

4) Isopaques de l'Eocène sous-molassique

Cette carte montre, classiquement, un épaississement considérable en allant du Nord vers le Sud, qui s'affirme surtout au Sud du tracé idéal de la faille F (voir la carte n° 1).

5) Isopaques des sables de Lussagnet

Le dessin est bien différent. Les directions qui sont NE-SW expriment l'influence du Massif Central d'où l'essentiel de cette décharge détritique provient.

6) Isopaques de l'Eocène et Oligocène inférieur continental

Cette carte a été obtenue par différence entre les isobathes de la base du Stampien et celles de la base de la Molasse. Elle permet de cerner l'importance des décharges détritiques liées aux mouvements pyrénéens.

7) Les trois cartes des planches 7, 8 et 9 montrent comment l'alignement des structures du Nord : Bordères, Cezan, Lavardens impressionnent une carte tellurique, une carte gravimétrique d'anomalies résiduelles et enfin une carte dressée par M. L'Abbé CROUZEL qui a bien voulu m'autoriser à la publier. Cette dernière carte qui a trait à un niveau miocène, montre comment le drapé miocène a été repris par les mouvements anté-pontiens. Mais les isobathes ici ont une équidistance de 5 mètres, les autres cartes d'isobathes de divers niveaux que j'ai présentées ont une équidistance de 100 mètres. Ceci exprime mieux qu'un long discours l'importance des mouvements anté-miocènes.

TITRE IV

Chapitre IV

1 - Isobathes toit du Crétacé supérieur

2 - Isobathes Base de la Molasse
(base du "sable de Lussagnet")

3 - Isobathes de la base du Stampien

4 - Isopaques de l'Eocène sous molassique

5 - Isopaques des Sables de Lussagnet

6 - Isopaques de l'Eocène et Oligocène inférieur continental

7 - Carte tellurique (zone nord)

8 - Anomalie résiduelle (zone nord)

9 - Isobathes de la base des calcaires de Herré (d'après l'Abbé Crouzel).

TITRE IV

CONCLUSION

La région qui s'étend au Nord des Petites Pyrénées, correspond à une zone charnière. La direction même des failles transcurrentes E-NE - W-SW, qui limitent et relient les structures d'Aurignac, de Gensac, de Saint-Marcet, témoignent d'une influence orientale.

L'alignement Puymaurin, Saint-Médard, Bassoues, Riscle, limite vers le Nord Est l'Aquitaine occidentale. C'est un pays nouveau, moins accidenté, aux structures de taille plus réduite, et où la faille de Muret va jouer un rôle important, qui apparaît au Nord Est.

Les séries éocènes, aussi bien marines que continentales, y sont condensées, réduites en épaisseur. Ce qui rend la sismique malhabile à saisir l'ampleur et l'allure des discordances et des transgressions, au sein de ces séries. Nous admettrons que la transgression Ypreso lutétienne garde sa valeur, sans pouvoir le prouver.

Cependant, la même histoire se répète. La discordance stampienne est manifeste, et le Miocène vient reposer à peu près horizontalement sur des structures qui se sont formées à la fin de l'Aquitanien. Le manteau miocène se déchire cependant en quelques points, et surtout, vers la chaîne, soumis à l'orogenèse anté-pontienne, qui devait donner le puissant rôle de déjection du Lannemezan.

TITRE V

NORD DU PLANTAUREL

Introduction

Les divers terrains continentaux que j'ai étudiés au cours de ce travail affleurent en demi auréole vers l'Est, par suite du relèvement d'ensemble, dans cette direction, des axes tectoniques du Bassin.

I - Analyse bibliographique succincte

Depuis déjà longtemps, cette région a été l'objet d'études attentives, et de levés minutieux, et l'on relève les noms de PALASSOU, POUECH, G. VASSEUR, J. BLAYAC, G. ASTRE, M. CASTERAS, Melle RICHARD, l'Abbé F. CROUZEL, etc... parmi ceux qui s'y sont intéressés.

Il est donc nécessaire, avant d'aller plus loin, de rassembler les opinions de ces divers auteurs, F. CROUZEL, M. CASTERAS et G. ASTRE ayant, pour leur part présenté une synthèse sur laquelle il n'est pas question de revenir. Nous verrons d'ailleurs la concordance qui existe entre ces résultats, et les hypothèses que nous tentons, sur le vu des documents sismiques et de forage.

Je vais d'abord rappeler les conclusions du travail de J. BLAYAC (1930) qui, reprenant les notes de G. VASSEUR, décrit les faciès des terrains tertiaires du Nord de la Garonne, jusqu'à Castres et Mazamet. Cette région a été laissée en dehors du cadre de mon étude, cependant le rappel de certaines mises au point de BLAYAC, qui n'ont pas vieilli, permet de comparer les faits que je suis amené à décrire plus au Sud, avec ce qui apparaît à la lisière nord du Bassin d'Aquitaine.

.../...

Voici donc ce que dit BLAYAC :

a) Au nord de la Garonne, l'Aquitanien marin est représenté : grès de Bazas, marnes à Huîtres, ni le Burdigalien, ni aucun autre étage du Néogène n'est marin.

b) Le calcaire lacustre de Briatexte, du Stampien, marque, de Montauban à Pamiers, la limite précise entre Sannoisien et Stampien inférieur.

c) Le grès d'Issel est l'équivalent latéral du calcaire lacustre de Castres, d'âge Lutétien supérieur. Les grès d'Issel n'affleurent qu'en bordure de la Montagne Noire, à l'Est du Bassin.

d) Le Ludien marin à l'Ouest, passe à l'Est à des termes continentaux, assortis de poudingues.

e) Le Sannoisien est caractérisé entre autres par la molasse supérieure du Fronsadais, qui comprend parfois du gypse (Ste Saline).

f) Le Stampien est représenté par le calcaire à Astéries, avec marnes à Ostrea longirostris à la base. Le calcaire de Briatexte se situe à la base de la molasse de l'Agenais dans tout l'Est du Bassin.

Le calcaire à Astéries, qui passe latéralement vers Libourne aux poudingues de St-Savin, témoigne d'une transgressivité remarquable par rapport aux formations sous-jacentes.

J. BLAYAC établit trois époques de régression :

Bartonien

Sannoisien supérieur

Chattien

deux époques de forte transgressivité :

Stampien

Aquitanien

.../...

M. CASTERAS (1954) étudie plus particulièrement les formations continentales tertiaires de la partie sud-orientale du Bassin d'Aquitaine. Il s'appuie essentiellement sur les travaux de BLAYAC, dont j'ai donné ci-dessus un aperçu rapide, de Melle RICHARD sur les gisements de Mammifères tertiaires, et sur la thèse de l'Abbé CROUZEL. Je relèverai les propositions essentielles que contient cette note fondamentale.

1 - Transgression yprésienne : "A l'Yprésien", une grande transgression envahit le Golfe de Carcassonne.

2 - La "crête ludienne" est formée d'une cuesta à regard vers l'Ouest. Elle sépare, au point de vue morphologique les versants méditerranéens et atlantiques. A l'Est, les molasses sont éocènes, et oligo-miocènes à l'Ouest.

Du gypse existe, dans le miocène continental aquitain. Il est possible, d'après F. CROUZEL, d'en observer en minces lits dans l'Aquitanien, le Burdigalien et jusqu'à la base de l'Helvétien.

D'après M. CASTERAS, les dernières couches marines de l'Eocène sont à rapporter au Lutétien inférieur. Les molasses du Lutétien moyen sont redressées et concordantes avec le Nummulitique marin sous-jacent, d'après la légende de la feuille de Pamiers et les levés de détail de MM. VAUTRIN, MAUGIS et PAVLOVSKY (rapports inédits S.N.P.A.).

Un niveau continental de marnes et d'argile, épais de 50 à 200 mètres, sans faune, se place très bas dans la série, très près du Lutétien marin.

Au sommet du Lutétien moyen, se situe le calcaire de Crampagna, au Nord du Plantaurel. Vers Mirepoix, le grès de Saint-Quentin, équivalent lointain de faciès des sables de Lussagnet, a livré des restes de Lophiaspis Baichei du Lutétien moyen.

Les molasses bartoniennes comprennent, en Basse Ariège, des poudingues très développés. En bancs redressés, ils présentent souvent des éléments de grande taille. Ils sont recouverts en discordance par les molasses oligocènes et miocènes sous lesquelles ils s'enfoncent.

.../...

Je reprendrai ces données, au cours de ce Titre, et je les comparerai avec ce que l'étude des sondages et des profils sismiques me permet d'affirmer.

3 - Dans les molasses lutétiennes et bartoniennes sont inclus des bancs de poudingues abondants et puissants. Ce sont les poudingues de Palassou. Les molasses du Ludien, du Sannoisien et du Stampien inférieur montrent également des galets d'origine pyrénéenne, sous forme de poudingues.

Le calcaire de Briatexte à Helix, Planorbes, Anthracotherium, qui marque la base du Stampien moyen, possède une très grande extension, et est un excellent repère. Melle RICHARD a pu caractériser une faune de vertébrés, allant du Stampien moyen à l'Aquitanien, dans les molasses superposées à ce calcaire.

Le calcaire de Briatexte, qui marque bien un épisode transgressif, est daté du Stampien moyen. Grâce à Melle RICHARD, les déterminations de vertébrés permettent d'associer le Sannoisien et le Stampien inférieur. Une certaine histoire des Pyrénées se termine à ce moment.

L'Abbé F. CROUZEL a distingué au Miocène une série de niveaux, qu'il a parallélisé entre eux. Il est hors de mon propos de m'étendre sur les terrains de cet âge, qui possèdent une épaisseur en moyenne assez faible, de 200 à 400 mètres, et n'ont pas d'expression, la plupart du temps, sur les logs électriques ou les coupes sismiques, car ils sont trop près du niveau du sol. Il en est de même à fortiori pour les dépôts du Pontien et du Pliocène. J'ai été cependant amené à disjoindre les poudingues miocènes de ceux du Stampien. Une phase orogénique les sépare.

II - Plan du Titre V

Je vais procéder comme à l'ordinaire. Le chapitre I qui traitera des bases, comprendra la région de Muret, sismique et forages.

.../...

Cette surface a été battue par une sismique récente, et a fait l'objet de quelques forages bien étudiés. Tout ce pays a été peu foré par les pétroliers, qui l'ont rapidement classé comme sans intérêt.

Le chapitre II traitera du réseau des mailles sismiques et des forages.

Au cours du chapitre III seront passés en revue les affleurements du flanc nord du Plantaurel, et l'anticlinal de Treziers. Je ferai mention également des observations de l'Abbé F. CROUZEL sur le Miocène du piedmont pyrénéen, et je les associerai à mes propres observations.

Le chapitre IV comprendra des cartes d'isobathes et d'isopaques de différents niveaux, et leur description, et un extrait d'une résiduelle gravimétrique.

Enfin en conclusion, j'essaierai de dégager certaines hypothèses, propres à la région considérée, mais qui peuvent être généralisés à l'ensemble du bassin de piedmont.

TITRE V

CHAPITRE I

Les bases

Flexure de MURET

J'étudierai la région de MURET, qui a fait l'objet de 5 sondages, dont 4 sont rassemblés de part et d'autre de la faille de Muret, sur la figure 1. Une étude sismique, dite Sud Muret et Alaigne, effectuée en 1964, permet d'autre part de disposer, surtout au Sud de la ville de Muret, d'un réseau de profils modernes, appuyés sur 3 forages, Muret 101, 103 et 104.

Je vais analyser cet ensemble, en utilisant une étude inédite SNPA, de MM. A. NICOLAI et J.P. VERNET, et bien d'autres documents. J. DELBUSHAYE et Melle J. BESAURY ont également prêté la main à des interprétations portant sur cette région.

Cette étude va comprendre deux parties : d'abord les coupes de sondages, auxquelles nous associerons dans un deuxième temps les coupes sismiques.

A : Coupe de sondages

Mü 103 : La coupe de ce sondage, effectué au cours de l'année 1951, est la suivante :

0 - 20 Alluvions de la Garonne.

20 - 1502 Molasses, traversées sur une épaisseur de 1482 mètres. Il y a été distingué :

20 - 103 Argile sableuse jaune, avec des passages sableux de 78 à 86, et de 100 à 103.

103 - 677 Ce sont des alternances de marne ocre-brunâtre, verdâtre, parfois un peu rosée, avec des argiles finement sableuses et micacées, et des bancs de sable grossier à graviers de quartz, de roches siliceuses et éruptives. Les passages sableux se situent de 278 à 282, de 342 à 351 et de 494 à 500.

677 - 732 Grès calcaire gris à violacé passant à un grès très grossier, conglomératique.

732 - 868 Marne, argiles et grès.

868 - 882 Calcaire beige, parfois dolomitique, avec argile verte. Il existe des joints stylolithiques d'argile noire dans le calcaire.
A partir de 882, se rencontrent des inclusions et veinules d'anhydrite.

882 - 986 Grès argileux, argile et sables bariolés.

986 - 1502 Marne bariolée ocre, rouge tachetée de vert. Inclusions d'anhydrite. Vers la base de la formation, la marne est plus tendre, il existe des passages d'argiles rougeâtres à lie-de-vin.

1502 - 1543 . Grès gris plus ou moins grossier, peu consolidé, riche en débris charbonneux et en pyrite, avec quelques intercalations marneuses, gris bleuté à ocre.

.../.

Les associations de minéraux lourds ont été étudiées par M. TCHIMICHKIAN de la Régie Autonome des Pétroles. Cette étude ne permet pas de faire passer une limite sûre entre l'oligocène et l'Eocène supérieur.
L'anhydrite apparait à 882 mètres et persiste jusqu'à la base de la molasse.
Le Lutetien inférieur, et le Crétacé supérieur, montrent l'absence de la zoïsite et de l'épidote, et la présence de la staurotide "a pointes".
L'origine des sédiments de cet âge apparait dès lors pyrénéenne.
Je propose d'assimiler le calcaire 868 - 882 au calcaire de Briatexte, dont l'extension est grande, et qui annoncerait le début du Stampien moyen transgressif.

Mu 104 :

Le forage de Mu 104 a été exécuté en 1965. Le rapport de fin de forage à été rédigé par J.P. VERNET. La coupe est la suivante :

0 - 29 Alluvions quaternaires.
29 - 1050 Molasse
1050 - 1117 Eocène moyen à Paléocène.
1117 - 1128 Danien
1128 Maestrichtien.

Le Lutetien inférieur serait constitué de 22 mètres (1050 - 1072) d'argile sableuse à intercalations gréseuses, et le banc de calcaire gréseux à Alvéolines (1072) pourrait être Yprésien.
Les corrélations entre Mu 1, Mu 103 et Mu 104 montrent un biseautage important du calcaire à Alvéolines dont l'épaisseur passe de 37 mètres à Mu 1 à 21 mètres à Mu 103 et 1 mètre à Mu 104, ce qui s'opère peut-être par passage latéral de faciès.
Les corrélations électriques que l'on peut faire dans le Molasse entre Mu 103 et 104, indiquent une conservation des épaisseurs jusqu'au Ludien, et un biseautage important de la série sous-jacente jusqu'aux sables de base.

Bien que je n'ai pas tenté une étude attentive de l'Eocène marin, en général, il est possible d'interpréter la diminution d'épaisseur qu'il présente, dans l'ensemble, de Mu 103 vers Mu 104, comme affectant indifféremment les divers niveaux. Il y aurait une "condensation" attribuable à la bordure proche d'un continent. Ce biseautage apparait d'ailleurs dans le Crétacé supérieur, au niveau des marnes d'Auzas et des grès d'Alet.
Les corrélations électriques entre Mu 103 et 104, bien qu'ils soient distants de 4800 mètres seulement, sont assez difficiles dans la molasse. Il est cependant possible de rapprocher 638 à Mu 103 de 618 à Mu 104 et 868 à Mu 103 de 832 à Mu 104.

.../

Mu 101 : Commencé et terminé au cours de l'année 1950, ce sondage a été étudié par M. TCHIMICHKIAN, auquel j'emprunte un grand nombre de précisions que le lecteur voudra bien trouver ci-dessous :

0 - 15 m : Alluvions quaternaires

15 - 85 m : Argile sableuse et micacée

85 - 100 m : Intercalations de quelques niveaux calcaires,

100 - 365 m : Argile et marne ocre, parfois bariolées, des bancs de calcaire à grain fin se recontrent aux cotes suivantes : 155 - 228 - 350-360 - A 134-135 eixte un niveau de galets.

365 - 393 m : Grès plus ou moins fin, parfois assez grossier, souvent mal consolidé. Ce serait peut-être "les sables de Lussagnet"sous leur expression orientale

393 - 405 m : Cette formation est analogue à celle que l'on connaît sous le nom de Sidérolithique. Ce sont des grès quartzeux à nodules phosphatés, pisolithes d'hématite brune. Ce serait l'équivalent de l'Eocène inférieur.

A partir de 405 m, la sonde a traversé des grès arkosiques, sans doute permiens, puis des schistes primaires appartenant au haut-fond de Muret.

M. TCHIMICHKIAN s'est livré à une étude comparative des minéraux lourds rencontrés dans les sables de ce sondage et des affleurements des séries détritiques dans la région de Villefranche de Lauragais(

Il apparaît :

1) Les associations minéralogiques des niveaux 381, 382 et 387 à andalousite, épidote, tourmaline, ilménite, zoïsite, sont celles du Bartonien et du Lutetien.

2) Le niveau 323 renferme en abondance l'apatite, la barytine et une substance carbonatée, rose. Il pourrait représenter le Sannoisien Ludien supérieur de Villefranche.

3) Le niveau 185 à andalousite, apatite, biotite a les mêmes caractéristiques minéralogiques que le Stampien de la région de Villefranche.

4) Le banc calcaire vers 90 mètres serait l'équivalent du calcaire de l'Agenais et le banc 160-170 m l'analogue du calcaire de Briatexte. De même, à 315 m ce serait le calcaire de Lautrec, à 355 m le calcaire de Cuq et à 375 m le calcaire de Castres.

.../

Muret 1 : Ce sondage a été foré au cours des années 1950-51.

La succession des terrains traversés est la suivante :

0-358 m : Argile et marne ocre, avec des passages sableux aux cotes suivantes :

90 - 103 m
113 - 200 m
228 - 250 m
254 - 266 m
270 - 284 m

358-710 m : Alternances de sables et d'argile. Le sable est fin à grossier, à graviers calcaires ou siliceux, dont le diamètre peut atteindre 2 à 3 cm.

710-960 m : Marne ocre et rose, sable.
960-1200 m : Marne gréseuse, avec des bancs de grès calcaires plus ou moins consolidés.
1200-1815 m : Marnes bariolées à niveaux de grès. La carotte 1296-1297,60 m montre de nombreuses veinules d'anhydrite, qui apparaît à la cote 1242 m.
1815-1896 m : Marne bariolée ocre, lie-de-vin, rougeâtre, verdâtre, avec un passage sableux de 1883 à 1889 m.
1896-1899 m : Marne gris-bleu.
1899-1930 m : Grès gris friable, plus ou moins fin, parfois assez grossier, à très nombreuses et fines strates charbonneuses, pyrite. Ce serait l'équivalent du grès de St Quentin.
A partir de 1930 m c'est uncalcaire gris à Alvéolines et débris de coquilles. Il s'agit de l'Yprésien.

Il est vraisemblable que les premiers 70 mètres de la coupe que nous avons décrite doivent être attribués au Miocène.

La limite Stampien moyen - Eocène supérieur pourrait se situer vers 960 m. Le calcaire de Briatexte pourrait exister vers 920 m.

L'anhydrite trouvée vers 1240 m pourrait être comparée avec le Saint-Puelles.

.../...

Les niveaux calcaires rencontrés dans la Molasse renferment une faune lacustre (Hélix, Limnées, Planorbes).

D'autre part, la Molasse possède les minéraux lourds habituels (épidote, zoïsite, grenats). Un changement se produit dès l'entrée dans l'Eocène moyen, où apparaît la Staurotide "à pointes" et les minéraux titanifères, indiquant l'origine, en provenance du Massif Central, des sédiments. Une bonne partie des sédiments molassiques viennent donc du Nord ou du Nord-Est.

Il est donc possible de résumer le log lithologique Mu 1 de la manière suivante :

0-960 m : Miocène, puis Stampien moyen, dont la base se situe à 960 m.

960-1815 m : Stampien inférieur, Sannoisien, Ludien vers 1242 m, Bartonien, Lutétien supérieur sous forme de marnes bariolées à niveaux de grès.

1815-1899 m : Zone argileuse (ZA) marne bariolée.

1899-1930 m : Grès friable sableux.Equivalent des "Grès de St-Quentin" qui reposent à partir de 1930 m, sur un calcaire à Alvéolines yprésien.

B) COUPES SISMIQUES ET CARTES D'ISOBATHES

Je présente, à l'attention du lecteur, trois coupes sismiques L01P5, L01P2, L01P3 et deux cartes d'isobathes : l'une de celles-ci traite de la base du Tertiaire, l'autre de la base du Stampien.

Elles font ressortir l'importance et le style des déformations anté-stampiennes.

Les cartes d'isobathes, en outre, montrent l'importance des déformations anté-miocènes, bien plus considérables.

La faille de Muret a un rejet de plus de 500 mètres, au niveau de la base du Stampien, et qu'il faut attribuer à l'orogenèse anté-Miocène.

Le Miocène n'existe pas, d'ailleurs, dans cette région, où, à l'affleurement, nous sommes en pays Stampien. L'Abbé F. CROUZEL a remarqué, d'ailleurs, et noté la flexure de Muret, à laquelle il donne une direction WNW-ESE, mais un rejet qu'il évalue à 25 mètres au sein des couches stampiennes. Le rejet est, en fait, bien plus important.

La coupe géologique, passant par les sondages Muret 103, 104 et 101, donne une autre expression de ces événements, et permet de mesurer leur importance.

TITRE V

CHAPITRE II

LA TRAME DES PROFILS SISMIQUES ET DES FORAGES

Un certain nombre de forages ont été effectués par les Sociétés pétrolières dans les anticlinaux de flysch crétacé qui limitent notre région d'étude vers le Sud.

Le piedmont a été relativement peu foré. La molasse de Palassou y présente des épaisseurs importantes, aux dépens des séries crétacées et jurassiques qui sont réduites.

Voici la liste des forages qui sont étudiés au cours de ce chapitre :

- LEZAT 1
- AGASSAC 1
- PANASSAC 1
- CAZERES 1
- MONTESQUIEU VOLVESTRE 1
- MURET 102
- CARCASSONNE 101

La planche n° montre, d'autre part, quels sont les profils sismiques qui ont été retenus et décrits au cours de ce chapitre.

LEZAT 1

Ce sondage date des années 1955-56. Il fut implanté sur une flexure du socle, qui apparaît également sur les cartes d'isobathes du toit du Crétacé supérieur, et qui prend en écharpe, en direction WNW-ESE, la région qui nous intéresse.

La coupe est la suivante. Sous des marnes et argiles jaunâtres à niveaux sableux, avec une intercalation de calcaire argileux de 415 à 480 m, et qui va de 0 à 580 m, viennent des marnes calcaires et marnes bariolées. La base du Miocène pourrait être fixée vers 580 m, soit à -252. En dessous vient le Stampien, qui se termine par un calcaire argileux finement gréseux, de 965 à 1100 m, qui pourrait être l'équivalent du calcaire de Briatexte.

Puis, ce sont les équivalents lointains des poudingues de Palassou, sous forme de calcaire plus ou moins gréseux, en bancs séparés par des niveaux d'argile équivalents lointains du faisceau de Sabarat. L'anhydrite en veines est fréquente, à partir de 1160 m.

Viennent ensuite, sur plusieurs centaines de mètres d'épaisseur, des bancs d'argile et de marne gréseuse à graviers siliceux. L'anhydrite est rare. C'est la zone argileuse (ZA) très épaisse en ce point.

De 1920 à 2145 m, zone de passage composée d'argiles jaunes ou violacées, parfois verdâtres avec intercalations de sable argileux et modules calcarifères blanchâtres. Le grès de Saint-Quentin trouve là un équivalent plus argileux.

L'Eocène marin apparaît à 2145 m, sous forme d'une marne gris foncé sableuse et micacée avec des modules irréguliers de grès gris argileux. Des Lamellibranches et des Milioles se rencontrent à ce niveau.

L'absence d'un niveau sableux caractérisé, équivalent du "sable de Lussagnet", est remarquable.

A Cazères, plus au Sud, il en est de même. Il semble qu'une région sans sable sépare deux ensembles : sable de Lussagnet à l'Ouest, et grès de Saint-Quentin à l'Est.

.../...

De nombreuses carottes, prélevées tout au long de la Molasse, donnent aux diagnoses lithologiques une valeur certaine.

Pour nous résumer, la coupe serait donc la suivante, en spécifiant les épaisseurs des divers terrains :

- Miocène : 580 mètres
- Stampien : 520 mètres
- Poudingue de Palassou (PP) : 310 mètres
- Zone argileuse (ZA) : 520 mètres
- Zone des alternances (ZAL) : 240 mètres, dans laquelle est inclus le grès de Saint-Quentin, peu caractéristique.

Deux planches sont jointes à cette description. L'une au 1/5 000 donne une coupe d'ensemble. L'autre au 1/2 000 détaille la zone des alternances.

MURET 102

Z_t = 322

Exécuté au cours de l'année 1951, sa coupe est la suivante :

0 - 62 m : Galets et argile jaune.

62 - 355 m : Argile avec un certain nombre de bancs sableux. La résistivité moyenne paraît être de 15 Ω environ avec des niveaux de sables et de grès plus résistants (30 Ω) à 120, 125, 180-190.

355 - 700 m : Marne ocre-rose, taches gris-vert, parfois franchement bariolée. Vers 700 m existe un sable argileux assez grossier, micacé, avec quelques passages de graviers. Ce serait la base du Stampien, à - 378 m.

700 - 790 m : Marne bariolée. C'est notre zone argileuse (ZA).

790 - 830 m : Episode sableux. Ce sont les sables de Lussagnet (SL).

830 - 837 m : Argile verte, tendre, contenant des graviers siliceux blancs et des débris anguleux de dolomie.

Tout ceci passe à la brèche et insensiblement à la dolomie du Portlandien.

L'étude des minéraux lourds a permis de situer la base [illegible] vers 700 m et d'établir les corrélations ci-dessous entre les sondages Mu 103 et Mu 102.

Mu 102		Mu 103
432	----------→	327
548	----------→	452

.../...

Les diagraphies électriques de Mu 102 sont par ailleurs mauvaises, et ne méritent pas examen.

Je donne cependant sur la planche ci-contre un extrait au 1/2000ème des diagraphies des niveaux de base de la Molasse, sur lequel est reportée une description succincte des carottes 6, 7, 8 et 9.

AGASSAC 1 - PANASSAC 1

Le sondage d'Agassac fut implanté en 1958 par la Régie Autonome des Pétroles.

La coupe résumée du forage est la suivante :

0-2039 m : Marnes, grès, argiles bariolées de la Molasse.

2039-2306 m : Argiles, grès et calcaire fossilifère de l'Eocène.

Le grès à intercalations de calcaire à Milioles, Alvéolines, Nummulites, du sommet de l'Eocène marin (analogie avec GN) se corréle ainsi :

Ag 1	Pm 1	Pm 2
2039 à	390 à	530 à
2053 m	477 m	594 m

La base du calcaire à Flosculines, transgressif donne :

Ag 1	Mu 1	Mu 103	SA 1
2094 m	1969 m	1590 m	231 m

Les niveaux des argiles bariolées à bancs de sables continentaux sont corrélables dans les sondages suivants :

Ag 1	Mu 1	Mu 103	Pm 1	SA 1	SMe 3
2094 m	1969 m	1590 m	528 m	231 m	529 m
2168 m	2030 m	1610 m	623 m	293 m	679 m

Le calcaire à Flosculines est transgressif sur les niveaux plus bas de l'Eocène, sur le substratum mésozoïque ou sur le socle (Montagne Noire).

.../...

Le sondage de Panassac 1 implanté par la même Société, et la même année, montre des séries analogues et corrélables dans le Tertiaire sous molassique. Les corrélations figurent sur la planche correspondante.

Dans la Molasse, la zone des alternances (ZAL) s'étend de 1354 à 1440 m, sous forme de marne grise finement sableuse, parfois jaune, avec des intercalations rares de sable fin et de grès fins gris-clair. Des petites Nummulites et Assilines remaniées sont signalées vers 1445 m.

L'équivalent du "sable de Lussagnet" va de 1458 à 1510 m, c'est un sable moyen à grossier, parfois un grès friable avec rares intercalations de marne gris-foncé à débris charbonneux.

La Molasse d'Agassac est représentée de 1650 à 2039 m par des marnes bariolées à intercalations de grès fin à grossier. Vers 1900 m, quelques bancs de calcaire d'eau douce. De 2039 à 2053 m, c'est un grès fin à grossier, gris, finement micacé, avec intercalations de calcaire gréseux gris à Milioles et rares grains de glauconie. Le "sable de Lussagnet" ou grès de St. Quentin n'existe pas, ou mal, sous son faciès typique. Il semble accuser un cachet marin plus net qu'à Agassac.
Les corrélations montrent à l'évidence la discordance du Stampien sur les séries molassiques de l'Eocène.

CAZERES 1

Z_t = 497

Ce sondage, foré en 1961, était implanté sur un môle qui s'appuie sur l'accident Nord pyrénéen.

La molasse, recoupée jusqu'à 2265 m, présente un caractère inhabituel, dû à la proximité de la chaîne, et les formations conglomératiques, à gros éléments, sont abondantes.

Dans l'argile jaunâtre, très micacée, s'intercale de 340 à 360 m un banc de sable franc. De nombreuses intercalations de sables, graviers et galets se présentent jusqu'à la cote 585, où se produit un important changement de terrain, qui est très net sur le carottage électrique latéral. Il faut signaler du gypse à 230. La base du Miocène se situerait à 585, soit à -88 en DPO.

De 585 à 995 m, c'est une argile extrêmement riche en blocs, en galets allant du Dévonien à l'Eocène, qui provient d'un épandage torrentiel, évidemment en provenance du Sud. Ce sont les poudingues de Jurançon, du Stampien. La base se cote à -498 par rapport au niveau de la mer.

De 996 à 1696 m, il s'agit d'une formation conglomératique, encore plus "chargée" que la précédente. Mais les galets sont différents : arrondis, d'un diamètre allant de 3 à 25 cm, calcaires et dolomitiques, ils représentent tous les terrains du Trias à l'Eocène. Le ciment lui-même est très sableux. C'est le poudingue de Palassou (PP) niveau supérieur.

A 1696, et jusqu'à 1868 m, les terrains recoupés par le sondage deviennent beaucoup plus fins : c'est une argile silteuse, kaki, micacée, qui contient quelques bancs épars et peu développés de conglomérat.

.../...

De 1868 à 1972 m, les conglomérats se développent à nouveau, en bancs épais de 5 à 10 m, les éléments en sont des galets arrondis allant de l'Aptien supérieur à l'Eocène inférieur. Ce sont les poudingues de Palassou (PP) niveau inférieur.

A partir de 1972 m, et jusqu'à 2257 m, c'est une argile bariolée, kaki, violette, rouge, gris bleu qui est décrite par le géologue de sonde. C'est la zone argileuse (ZA). Des niveaux sableux, rares et peu épais, y sont intercalés çà et là. Un banc de sable, sable de Lussagnet, ou grès de St-Quentin, de 2257 à 2266 m termine la série continentale qui repose sur une argile gréseuse à bancs de grès à Nummulites.

Cette coupe présente, comme il fallait s'y attendre, de grandes analogies avec les couches exposées sur le flanc Nord du Plantaurel, et étudiées autrefois, il y a cent ans, par l'abbé POUECH. J'en reparlerai au cours du chapitre III de ce même titre.

MONTESQUIEU VOLVESTRE 101

Zt = 228

Ce forage de reconnaissance géologique, qui s'est arrêté dans le poudingue de Jurançon à 700 mètres, présente la coupe suivante :

0 - 334 m : graviers, sables et argile jaune. C'est le Miocène, dont la base se situe à -106 mètres.

334 - 700 m : poudingue de Jurançon, conglomérat polygénique avec passages marneux et gréseux. Les éléments sont des calcaires, des grès lie de vin, des quartz, roche éruptive, schistes noirs. Somme toute, des éléments appartenant au Permien, Primaire, Crétacé et Eocène. Les associations minéralogiques du ciment sont, d'après M. TCHIMICHKIAN, l'Epidote, la Zoïsite, le Grenat. Un peu de Tourmaline. Il faut remarquer que les pourcentages relatifs de ces différents minéraux varient très peu de 334 à 700 m.

Pour terminer, il semble qu'il y ait assez peu de différence entre Miocène et Poudingue de Jurançon au sujet des associations de minéraux.

Dans les deux cas, il s'agit d'une provenance pyrénéenne, ce qui est très explicable étant donné l'importance qu'ont dû avoir les mouvements ante-Stampien et ante-Miocène dans les Pyrénées.

CARCASSONNE 101

Carcassonne 101 a été foré en 1966.

Pendant tout le Mésozoïque le détroit reliant la Montagne Noire au Nord et le Mouthoumet au Sud est resté au-dessus du niveau de la mer. Des terrains sédimentaires qui reposent sur le Primaire sont datés de la base extrême de l'Eocène : ce sont des formations, d'ailleurs continentales, du Dano-Montien.

Au Thanétien, la mer envahit la partie Sud du détroit ; cependant au Nord les dépôts continentaux se poursuivent. Tout ceci est bien modeste et le Sparnacien voit à nouveau régner un régime continental modifié par la transgression yprésienne marine. La mer persiste au Lutétien inférieur mais une exondation lente et régulière se produit. Au Lutétien supérieur concordant, d'épaisses séries continentales se déposent dans un bassin qui demeure subsident,mais dans l'ensemble, au-dessus du niveau moyen des mers de l'époque.

La coupe détaillée du sondage est la suivante :

0-268 alternance de bancs de grès gris à ocre, fin à grossier, parfois conglomératiques, et d'argile finement sableuse ocre, rouge ou violacée.

268-281,50 calcaire à grain fin, passant à un grès calcaire. Débris ligniteux.

281,50-392 Argile bariolé, petits bancs de grès fin subordonnés. Traces de gypse à partir de la côte 304.

392-469,50 alternance de bancs de calcaire à grain fin, et d'argile bariolée. Gypse, Ostracodes.

.../..

469,50-496 grès et calcaire sableux - quelques grains de glauconie - Ostracodes.
496-590 marne gris clair, à inclusions charbonneuses, beaucoup de glaucomie depuis 585.
590-665 Calcaire compact bioclastique. Nombreux foraminifères. Lamellibranches à partir de 631, petits niveaux d'argile bariolée. A la base, argile noire ligniteuse.
665-676 Argile bariolée
676-688 grès gris fin à moyen
688-700 Argile bariolée
700-797 Calcaire à grain très fin-Microcodium-Quelques bancs d'argile bariolée à la base.
797-907,5 Calcaire cristallin
907,50-928 Argile bariolée
928-950 Calcaire et dolomie
950-981 grès grossier à conglomératique, reposant sur le Paleozoique.

Le rapport final donne les attributions suivantes d'étage, en partant de la base :
981-928 Damien
928-590 Eocène inférieur (Yprésien - sparnacien - Thanctien - Nontien)
590-496 Lutetien inférieur
496-392 Lutetien moyen
392-0 Lutetien continental

TITRE V

CHAPITRE II

B) Description des coupes sismiques

Je soumets à l'attention du lecteur un certain nombre de coupes sismiques profondeur, qui ont été pointées et restituées par les services géophysiques de la S.N.P.A., et interprétées par moi. Je tiens à remercier tous ceux qui m'ont ainsi permis, grâce à l'interprétation des documents qu'ils ont élaborés, d'établir une synthèse de l'histoire du Tertiaire, au Nord du Plantaurel et jusqu'à Muret.

Ces coupes se divisent en deux familles : celles qui sont à peu près Nord-Sud, et donnent une image schématique des relations du front Nord pyrénéen et du Plantaurel, avec le pays tolosan, et celles qui sont orientées Est-Ouest, au Nord de Mirepoix.

La première famille montre la discordance anté-stampienne, et surtout l'importance des mouvements anté-miocènes, les terrains de cet âge viennent en effet sceller les accidents principaux, dont l'âge de dernière mise en place se trouve ainsi défini.

La deuxième famille montre le développement de la Molasse, quand on va de l'Ouest vers l'Est, et son épaississement. D'autre part, le niveau discordant, qui se rattache au Stampien moyen (calcaire de Briatexte) sur la Coupe PL 104, permet de dater l'âge de l'orogenèse anté-stampienne.

TITRE V

CHAPITRE III

LE FLANC NORD DU PLANTAUREL
ET LA BOUTONNIERE DE TREZIERS

C'est une région privilégiée, où les terrains qui nous intéressent viennent à l'affleurement. L'avancée de l'accident nord pyrénéen a perdu de sa vigueur, et toutes les séries de piedmont viennent se relever en direction du Sud, et s'appuyer sur les chaînons nummulitiques calcaires du Plantaurel. Le Miocène discordant laisse en particulier apparaître une large bande de terrains molassiques sous-jacents. Vers l'Est, ceux-ci dessinent une auréole autour de la boutonnière de Treziers.

Ce pays a fait l'objet, il y a trente ans, d'un certain nombre de rapports internes de la S.N.P.A., oeuvres de MM. VAUTRIN, MANGIS, PAVLOVSKY, dont j'extrais les lignes suivantes :

La série éocène fait suite aux calcaires fins du Danien et se trouve recouverte, vers le Nord, par les dépôts transgressifs du Stampien et surtout du Miocène.

L'Eocène commence par le calcaire danien sublithographique, auquel font suite des dépôts continentaux, marnes rouges azoïques, puis viennent des formations marines, riches en faune. Il est possible de noter une nouvelle intercalation continentale au sommet de l'Eocène inférieur (Sparnacien, avec des indices de pulsations positives ou négatives à la limite du niveau de la mer).

.../...

Ces dépôts d'eau douce d'une puissance moyenne de 150 mètres, constitués de marnes rouges dans lesquelles viennent s'intercaler plusieurs bancs de poudingues de deux à trois mètres d'épaisseur sont suivis à l'Yprésien par des assises marines transgressives, caractère qui s'affirme dans les séries du Lutétien inférieur.

Le Lutétien inférieur continue le cycle marin, marnes grises gréseuses à Turritelles, Operculines, Nummulites avec bancs de grès à grosses Alvéolines, Milioles.

Le Lutétien est riche en bancs de grès à Nummulites, Operculines, Milioles ; ces grès passent insensiblement aux grès de St Quentin, faciès qui rappelle les "sables de Lussagnet", et il est possible d'observer en bien des points la trilogie classique des sables, à savoir deux bancs détritiques séparés par un intervalle marneux. Des Nummulites remaniées, des Operculines, parfois des débris de Pectens se rencontrent encore dans ces séries de plage, qui présentent une ressemblance assez étonnante avec ce que nous connaissons bien plus à l'Ouest. Cette formation a 50 mètres d'épaisseur au Nord de FOIX.

Au-dessus de cet ensemble, viennent des marnes jaunes ou violacées, où apparaissent parfois des bancs de grès. C'est ce que j'ai appelé la zone des alternances (ZAL) et la zone argileuse (ZA). Les premiers bancs de poudingues grossiers ne se montrent pas avant une épaisseur de série de 2 à 500 mètres.

Au Nord de FOIX, viennent ensuite des calcaires lacustres, qui viennent recouvrir la série des poudingues. Ce sont les calcaires de Crampagna, en 4 bancs épais d'une vingtaine de mètres chacun.

Plus à l'Ouest, à Sabarat, le faisceau des calcaires du même nom, et l'on peut dénombrer une dizaine de bancs, épais de 10 à 30 mètres, de calcaire blanc rose à grain fin.

A Sabarat, ils apparaissent à cinq cent mètres environ au-dessus des "Sables de Lussagnet", ou grès de St Quentin, nom oriental de cet épisode.

.../...

Cette formation est ensuite recouverte en transgression par les Molasses d'eau douce stampiennes.

A l'Est, les pendages, redressés parfois à la verticale, des séries que nous avons décrites, s'atténuent et dessinent une auréole autour de la boutonnière de Treziers. Celle-ci se présente comme une dépression où affleurent les séries marines du Lutétien, ceinturée par des hauteurs couronnées de conglomérats. Il est possible d'y examiner en détail le passage de marin au continental, au cours du Lutétien.

Cette série marine, surtout argileuse, intercalée de bancs de grès, d'âge lutétien moyen, passe par une transition insensible à des séries typiquement d'eau douce. Les niveaux gréseux de base renferment souvent des Nummulites remaniées.

Celles-ci comportent à la base un épais complexe de marnes sableuses compactes, avec bancs de grès subordonnés. C'est notre zone essentiellement argileuse, qu'il est possible de suivre de Pau à Mirepoix.

Puis des bancs de poudingues, abondants, apparaissent dans la série molassique qui renferment aussi des intercalations de calcaire lacustre.

Je vais décrire avec plus de détails, les séries continentales molassiques, qui font l'objet de mon étude.

C'est l'Abbé Pouech qui, en 1869, publie dans le Bulletin de la Société Géologique de France, une étude détaillée des formations de poudingues tertiaires qui affleurent d'une façon continue sur le flanc Nord du Plantaurel, de Daumazan à Varilhes, et au-delà et qui reposent sur les calcaires et marnes du Lutétien marin, en parfaite concordance.

J'ai reporté, sur la carte jointe, 6 coupes que nous décrirons, d'Ouest en Est. Je les ai revues sur le terrain et j'en donne une interprétation qui s'adapte aux hypothèses qui sont les miennes.

.../...

L'Abbé Pouech distingue 5 ensembles de poudingues, notés de P1 au sommet, jusqu'à P5 à la base, confondus avec la zone sommitale des grès à Nummulites (grès de Saint-Quentin).

Les poudingues P1, P3, P4, P5 sont composés de galets surtout calcaires, de l'Eocène et du Crétacé ; P2, par contre, est riche en éléments paléozoïques.

Coupe n° I ou de Daumazan - Campagne sur Arize

Sous les marnes miocènes à galets et graviers, affleurent vers la ferme Le Long, des bancs de poudingues P1 inclinés à 15° environ vers le Nord et dont je ferai l'équivalent du poudingue de Jurançon du Stampien. Sur la berge gauche de l'Arize, redressés en bancs presque verticaux, se voient des poudingues. De là aux grès à Nummulites et calcaires éocènes, qui présentent le même pendage, l'épaisseur de la série est d'environ 1350 m.

Coupe II ou de Sabarat

A 6 kilomètres à l'Est de la précédente, cette coupe va de la cluse de Pepiane, au Sud de Sabarat, où l'Arize traverse la carapace crétacée et éocène du Plantaurel, jusqu'au lieu dit "La Cabane", où le Miocène vient reposer en discordance sur les poudingues P1 inclinés vers le Nord à 30°. Les galets presque exclusivement crétacés, sont profondément impressionnés et rayés. Entre les bancs de poudingues, s'intercalent des lits de sable et d'argile. L'assise P2, par contre, est formée d'éléments paléozoïques et granitiques parmi lesquels on remarque des galets de phtanites verts et noirs, de quartz blanc, de schistes noirs, de calc-schistes verts et de granite, elle concorde avec P1 mais un intervalle argilo-sableux les sépare. Il existe de nombreuses empreintes végétales dans ces niveaux et peut-être sont-elles déterminables. Il s'agit, sans doute, du poudingue de Jurançon, du Stampien.

.../...

Sous ces assises, viennent des séries très redressées, dites du faisceau de Sabarat, où des niveaux lacustres à nombreux fossiles terrestres d'eau douce, des Gastéropodes, des Tortues, Reptiles et Mammifères sont connus.

Il est possible ensuite de distinguer un ensemble, surtout formé de bancs de poudingues à gros éléments calcaires, à ciment argileux ou calcaire, avec quelques lits de calcaire lacustre. Des lits d'argile versicolore, des marnes et des argiles colorées et gréseuses dont l'épaisseur peut atteindre quelques dizaines de mètres, apparaissent, surtout vers le haut de cette formation. La base est, par contre, formée d'un banc de poudingues, de 3 à 4 mètres de puissance, à galets impressionnés formés d'éléments paléozoïques : calcaire noir très fin, marbre gris, rares griottes, phtanite verte et rose en débris anguleux, du granite friable et altéré. Mais il est possible aussi d'y rencontrer des roches plus récentes, comme des galets de Crétacé. Le ciment est sableux, micacé. Ce banc, qui se situe à la base du poudingue de Palassou proprement dit, marque évidemment une étape dans le démantèlement de la chaîne.

En dessous, c'est la zone argileuse (ZA) que nous avons rencontrée partout dans les sondages à ce niveau.

Cette série, épaisse d'environ 400 mètres, comprend quelques bancs de grès argileux intercalés, mais elle est surtout formée d'argile versicolore. C'est cette zone argileuse qui forme la dépression qui court au Nord du Plantaurel, et sépare le Nummulitique marin des collines formées plus au Nord par les poudingues de Palassou et de Jurançon.

Cette zone argileuse (ZA) repose sur une assise de grès bleu à roux, pyriteux, en bancs de 1 à 2 mètres de puissance séparés par des lits d'argile. Un banc puissant de poudingue à galets surtout liasique, forme transition avec ces grès.

.../...

L'épaisseur totale de ce grès de Saint-Quentin est de 40 à 50 mètres. C'est l'équivalent du faciès de Lussagnet. Comme le Sable de Lussagnet, il passe au Lutétien marin par l'intermédiaire du faciès régressif classique du grès à Nummulites (GN) qui est ici pétri de ce fossile, c'est un vrai falun à peine cimenté. Il est possible d'y trouver également des Cérithes de 40 cm de long, des Cônes, Nérithes et des Nautiles de grande taille, des Huîtres et des dents de Poissons.

Coupe III ou de Pailhes

A 3 kilomètres à l'Est cette coupe va de Menay jusqu'au lieu-dit Les Requiès, à l'entrée du village de Pailhes.

L'assise de poudingues P2 est formée de galets paléozoïques et dévoniens, qui se termine par une série à galets crétacés. C'est le poudingue de Jurançon, qui repose sur le poudingue de Palassou. Celui-ci s'étend plus au Sud et comprend essentiellement des galets crétacés et éocènes.

Il forme les assises de poudingues allant de P3 à P5. Les bancs de poudingues inférieurs, P4 et P5 sont moins développés que dans la coupe voisine de Sabarat, P4 est riche en bancs gréseux. Par contre les lits de poudingues subordonnés se développent dans les intervalles argilo-sableux qui séparaient les bancs de poudingues plus à l'Ouest. Et ce caractère va s'accuser à mesure que je décrirai les coupes IV, V et VI, en allant vers l'Est. L'origine de l'alimentation en galets de ces poudingues paraît se situer à l'Est.

Les assises P1, P2, P3 se retrouvent et se suivent aisément. Elles gardent leur caractère.

Coupe IV ou de Montegut Plantaurel

Sous le vieux château de Montegut affleurent les couches de P, cependant que le poudingue P2, à galets paléozoïques et granitiques, se retrouve un peu au Sud de l'arête de la crête, qui court parallèlement au Plantaurel, depuis Pailhes jusqu'à Varilhes. Le "poudingue de Palassou" à 1300 mètres d'épaisseur environ, depuis l'Eocène marin, jusqu'au Stampien, dont la base est représentée par l'assise P2.

.../...

Coupe V ou de Loubens

Au sommet du Pech, le Miocène est représenté par un conglomérat à éléments granitiques formé de blocs de toutes grosseurs, souvent énormes. La base du Miocène repose en discordance sur la tranche de l'assise P1 stampienne. La base du poudingue de Jurançon P2 se place à peu près à mi-pente, entre Loubens et le Pech.

L'épaisseur totale du Palassou atteint environ 1000 mètres.

Coupe VI ou de Crampagna

L'Abbé Crouzel, dans sa thèse, distingue dans les flancs du Pech de Varilhes, au Nord de Foix, deux formations détritiques grossières. La masse de la colline est formée par les poudingues de Palassou en bancs durs, redressés à 40 et 50°.

D'après l'Abbé Crouzel,"elle est recouverte, sur tout le versant Nord, et jusqu'au sommet de la colline, par un second dépôt grossier, moins bien consolidé, où les galets granitiques sont les plus nombreux.

Ces poudingues supérieurs reposent en discordance sur la série de Palassou. Leur pendage ne dépasse pas 30°".

A 3 kilomètres à l'Ouest de Varilhes, en quittant la route de Loubens à Rieux de Pelleport, pour monter à Porteteng vers la cote 602, les poudingues de Palassou affleurent jusqu'à 560 m d'altitude. Leur pendage est d'une quarantaine de degrés. Au-dessus, de 560 à 602m, se montrent des poudingues avec un pendage NE de 15° transgressifs et discordants sur les précédents.

Les galets granitiques représentent près de la moitié des éléments.

D'après l'Abbé F. Crouzel, "cette formation devient bientôt subhorizontale et passe au-dessous du niveau inférieur de Saint-Ybars, dans la région de Pamiers. Elle date probablement du Stampien". C'est le poudingue de Jurançon typique.

.../...

En conclusion de cette étude, il est donc possible de distinguer, tout le long du flanc nord du Plantaurel, trois assises de poudingues.

1°) Au-dessus des grès à Nummulites, viennent les poudingues de Palassou, qui commencent par une assise P5, peu développée, c'est ce que j'ai appelé la zone des alternances (ZAL) au cours de l'analyse que j'ai faite des coupes de sondages.

Plus haut vient une zone argileuse (ZA) occupée par la dépression où court la route de St-Jean-de-Verges, dans la cluse de l'Ariège, jusqu'à Sabarat à l'Ouest. Cette zone argileuse a une épaisseur qui va de 200 à 400 mètres. En allant vers l'Est, des bancs grossiers l'envahissent.

Au-dessus, ce sont les poudingues de Palassou proprement dit, à galets surtout calcaires, éocènes, crétacés ou jurassiques.

Le poudingue de Jurançon, du Stampien, vient reposer en discordance, pas toujours très nette, car les mouvements, orogéniques violents antémiocènes l'ont fortement redressé, avec le Palassou. Les galets de cet ensemble sont rayés et impressionnés. A la base du Jurançon coexistent des galets de granit et de paléozoïque. La jeune chaîne des Pyrénées alimentait ces poudingues directement, du Sud vers le Nord.

Puis viennent les conglomérats miocènes, à blocs de roches granitiques souvent énormes, et qui passent vers le Nord aux sédiments argileux du Miocène. La discordance angulaire qui sépare cette formation est vigoureuse, plus importante que celle du Jurançon sur le Palassou.

TITRE V

Chapitre IV

1 - Isobathes du toit du Crétacé supérieur

2 - Isopaques des grès de Saint Quentin (Sable de Lussagnet)

3 - Isobathes base de la Molasse

3bis - Isopaques de l'Eocène ante molassique

4 - Isobathes base du Stampien moyen

4bis - Isopaques de l'Eocène et Oligocène inférieur molassique

5 - Extrait de la résiduelle gravimétrique.

TITRE V

CHAPITRE IV

Planche n° 1. Isobathes du toit du Crétacé supérieur.

Cette carte est rapportée au DPO comme toutes celles qui figurent dans ce travail. Mais ici, il faut ajouter 400 mètres au moins à la cote figurée pour avoir une idée de la profondeur réelle. Nous nous trouvons, en effet, au seuil de Naurouze, à la ligne actuelle de partage des eaux entre les versants atlantiques et méditerranéens. Et les altitudes moyennes au-dessus du niveau de la mer (DPO) sont relativement élevées.

L'aspect général de la carte présentée est celui d'un synclinal qui se relève doucement vers le Nord et plus abruptement vers le Sud. Le fond du synclinal se situe vers la cote - 3000, son fond est plat.

Vers le Nord, après la fleuxre de Lezat, les courbes viennent buter contre la faille de Muret, très important accident qui a rejoué après le Stampien et qui est d'ailleurs à mettre en relation avec la déchirure ENE-WSW qui limite les Petites Pyrénées ; elles mènent vers l'Ouest.

Vers le Sud, les couches se relèvent vers l'accident Nord-pyrénéen et, au-delà de la vallée de la Garonne, vers l'Est, des horsts et bourrelets anticlinaux doivent être mis en relation avec les prolongements occidentaux du massif du Mouthoumet. Le horst de Treziers admet vers le Sud un synclinal assez prononcé qui le sépare de l'anticlinal du Dreuilhe, lui-même fortement redressé et poussé vers le Nord.

Planche n° 2. Isopaques des grès de Saint-Quentin

Ce qu'il est convenu d'appeler "le paroxysme pyrénéen majeur", qui se placerait au Lutétien moyen, a eu, comme on le sait, pour effet de rejeter la mer vers l'Ouest du Bassin d'Aquitaine. Une longue période d'émersion commence. Elle se poursuivra jusqu'à nos jours dans le domaine central et oriental de ce bassin.

.../...

Le premier terme à cachet franchement continental est, le long du Dreuilhe, et du Plantaurel, ce que l'on appelle le grès de Saint-Quentin.

Vers la Montagne Noire, les divers termes de la série tertiaire, marins ou continentaux, passent à des argiles et sables à galets de quartz, entremêlés parfois de brèches et de conglomérats. Vers Agen, ces formations continentales se fondent dans les dépôts de ruissellement du Sidérolithique.

Il s'agira ici d'étudier comment le bras de mer ypréso-lutétien, qui courait en direction Est-Ouest le long des Pyrénées actuelles, s'est transformé en une plate-forme continentale.

Citons M. CASTERAS "Le Lutétien moyen est daté, au Sud de Mirepoix, à la base de la série molassique, par la présence de LOPHIASPIS BAICHERI dans une Molasse gréseuse, dite grès de Saint-Quentin, alternant avec des poudingues".

Ces grès sont concordants avec le Nummulitique marin sur lequel ils reposent, il n'y a aucune trace d'événements orogéniques mais simplement passage de conditions de dépôt en milieu marin à des conditions de dépôt en milieu terrestre.

La limite de partage des eaux et de la terre ferme, d'une grande importance certes pour l'homme, est un épiphénomène négligeable pour l'histoire géologique d'une région donnée. Le grès de Saint-Quentin présente à sa base des termes régressifs, faciès de plage à huîtres et Nummulites remaniées, et c'est l'équivalent du grès à Nummulites (GN) de ma nomenclature.

Une régression, qui a pour effet de faire passer une région du domaine marin au régime continental, s'exprime dans les faciès des dépôts d'une façon spectaculaire, étant donné la différence du milieu. Mais, considérée comme une péripétie de l'histoire de l'écorce, cette régression n'en a pas plus qu'une variation du niveau du fond des mers, ou de l'altitude du continent. C'est, dans tous les cas, un mouvement positif d'exondation, et lorsque, par hasard, l'isobathe zéro est concernée, cela donne lieu à des phénomènes d'un type particulier, sans intérêt sur la plan de l'orogenèse.

.../...

La carte d'isopaques (Pl. 2), que je présente, montre, d'abord la présence d'une zone où les grès se chargent en argiles vers Lezat et l'épaisseur faible, en tout état de cause, de ces niveaux gréseux quand on les compare à leur équivalent occidental, ou sables de Lussagnet, notablement plus développé.

Planche n° 3. Isobathes de la base de la Molasse. Planche 3 bis, Isopaques de l'Eocène anté-molassique.

La planche 2 présente un peu les mêmes caractéristiques que la planche 1. Certains accidents semblent avoir été effacés en passant de l'une à l'autre. Est-ce dû à l'imprécision des données ou à l'influence des mouvements anté-yprésiens ? Je n'ai pas assez d'arguments pour choisir ; mes préférences vont cependant à l'appui de la seconde proposition. Il faut rappeler ce que dit M. CASTERAS (1) au sujet des terrains qui font l'objet de la planche 3 bis qui représente les isopaques de l'Eocène, compris entre le toit du Crétacé supérieur et les grès de Saint-Quentin, équivalent oriental des sables de Lussagnet.

"Dans le Golfe de Carcassonne (bordure méridionale de la Montagne Noire et couverture du massif de l'Alaric) le Thanétien est représenté par le calcaire lacustre de Montolieu, à Physa prisca, Pupa montolivensis, Bulimus primoevus, Planorbis primoevus. Le calcaire de Montolieu est l'équivalent latéral du calcaire à Milioles, Alveolina primoeva et Fallotella alavensis qui occupe plus au Sud, dans la couverture du massif du Mouthoumet et au pied des Pyrénées, tout le domaine du Thanétien marin. Un faciès saumâtre intermédiaire, à Melanoïdes thezanensis, a été décrit par Doncieux à la ferme de Ventefarine (commune de Thézan) dans les Corbières.

Le Sparnacien qui est continental ou lagunaire (argiles rouges gypsifères) tant au Nord de Carcassonne et à l'Alaric que dans la partie du sillon sous-pyrénéen située à l'Est de Lavelanet, admet, dans un domaine d'ailleurs très localisé, les intercalations de calcaires lacustres à Physa draparnaudi et Planorbis subcingulatus de la vallée de la Roubine (Feuille de Narbonne).

.../...

(1) 1954 sur les formations continentales et lacustres tertiaires de la partie Sud-orientale du Bassin d'Aquitaine.

Avec l'Yprésien une grande transgression envahit le Golfe de Carcassonne. A cette occupation marine, maintenue jusqu'à la fin du Lutétien inférieur, correspondent les très vastes entablements de calcaires à Alvéolines et à Nummulites, qui forment, sur la bordure de la Montagne Noire, le causse s'étendant de Moussoulens jusqu'au Minervois. Les calcaires nummulitiques marins ne se poursuivent pas vers l'Ouest au-delà de Villespy (au Nord de Bram) ; car ils passent à une Molasse continentale, équivalent latéral des argiles à graviers de Mazamet".

Vers le Sud, vers la chaîne, l'épaisseur de l'Eocène, jusqu'au début du dépôt des molasses, s'accroît avec un gradient constant.

C'est l'Eocène inférieur, avant la transgression ypréso-lutétienne, qui est responsable de cet accroissement. Un sillon subsident se situait à cette époque, à peu près à l'aplomb de ce qui est maintenant l'accident nord-pyrénéen.

Deux traits principaux demeurent : faille de Muret et horst de Treziers. Ces accidents-là ont rejoué bien plus tard.

Planche 4. Isobathes de la base du Stampien - Planche 4 bis Isopaques de l'Eocène et Oligocène inférieur molassique.

Au Nord de l'anticlinal de Treziers, le calcaire de Briatexte du Stampien moyen affleure en une bande continue, transgressive, discordante sur les molasses éocènes et oligocènes inférieures, et j'ai relié ce niveau à ce que j'ai appelé, d'Ouest en Est, les isobathes de la base du Stampien.

Cela est possible et ne présente pas de difficultés en sismique. Je pose donc, comme une hypothèse semi-prouvée, l'équivalence de ce calcaire de Briatexte avec la base de mon "Stampien" tel qu'il est défini sismiquement, lithologiquement, et par diagraphies électriques tout au long de ce travail.

Il est fréquent d'ailleurs de rencontrer, en forage, à la base du Stampien, un niveau calcaire caractéristique et qui se prolonge très loin vers l'Ouest.

.../...

A l'Ouest des falaises du calcaire de Briatexte, la plaine toulousaine est occupée par des formations molassiques, les molasses du Tolosan et de l'Ariège, au sein desquelles Mademoiselle RICHARD a su distinguer, grâce à l'étude des Vertébrés dont les gisements sont assez fréquents, quatre termes successifs allant du Stampien moyen au Stampien terminal.

A l'Ouest de ces dépôts molassiques et suivant plus ou moins la vallée de l'Ariège, passant non loin de Muret, viennent les molasses miocènes. Elles reposent sur un calcaire lacustre dit de Saint-Ybars inférieur qui surmonte l'Aquitanien. Cinquante mètres plus haut, vient l'épisode lacustre de Saint-Ybars supérieur dont j'ai reproduit, sur la planche 3, les isobathes établies par l'Abbé F. CROUZEL. La discordance avec les isobathes de la base du Stampien est très nette.

Revenons vers l'Est, à l'Est du calcaire de Briatexte dont la zone d'affleurement figure en marron sur la planche 3. Sous ce calcaire, affleure une molasse épaisse de 70 mètres environ, à bancs de graviers et de poudingues subordonnés dans la masse argileuse. Il existe à la base de cette molasse, datée du Sannoisien à Stampien inférieur, un banc de calcaire lacustre blanc à rosé, c'est le calcaire de Laurac.

Il est possible que cette molasse oligocène ait disparu à l'Ouest de la faille de Muret dont l'importance, en tout état de cause, ne saurait être trop soulignée.

La crête ludienne, figurée en violet sur la planche n° 3 traitant des isobathes de la base du Stampien, est beaucoup plus massive. Les poudingues qui se présentent sur une épaisseur nette plus considérable, sont bien plus armés et sont d'ordinaire compris entre deux niveaux calcaires. Le gypse du Mas Saint-Puelles appartient à cette formation où il a, par ailleurs, été rencontré des Vertébrés de la faune du gypse de Montmartre. La falaise ludienne passe au seuil de Naurouze qui sépare les versants méditerranéens et atlantiques. Les molasses, dites poudingues de Palassou, s'étendent du Bartonien au Lutétien moyen. Les poudingues y sont effectivement très développés et alternent avec des sables, des argiles, des graviers. Parfois, comme vers Sabarat, au Nord du Mas d'Azil, des barres calcaires se développent au sein

.../...

de la formation. Ces séries redressées, sont, d'après la légende de la feuille Pamiers, et il est facile de le vérifier sur le terrain, en parfaite concordance avec le Nummulitique marin qui est daté du Lutétien inférieur. A la base de ces molasses continentales, apparaît le "grès de Saint-Quentin" à LOPHIASPIS BAICHERI qui est l'équivalent du faciès du "sable de Lussagnet".

BURDIGALIEN - P1. 4

Citons la légende de la feuille au 1/80.000e de Pamiers.

"Les molasses burdigaliennes accusent, à l'Ouest de Sabarat, une nette extension vers le Sud où elles reposent sur la tranche des terrains crétacés et éocènes redressés, en même temps qu'elles se chargent en éléments de plus en plus grossiers".

TITRE V

CONCLUSION

I - QUELQUES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Je vais d'abord citer des extraits des travaux de TCHIMICHKIAN et A. VATAN sur les contenus en minéraux lourds du détritique de la Molasse continentale, soit dans les échantillons de sondages, soit sur le terrain.

Les conclusions auxquelles arrivent ces auteurs peuvent être résumées ainsi :

1) L'Eocène inférieur et moyen est caractérisé par l'association staurotide disthène, caractéristique d'apports en provenance du Massif Central.

2) Une partie du Lutétien supérieur se rattache à l'Eocène supérieur, qui, avec l'Oligocène dans son ensemble, a des affinités pyrénéennes (andalousite, grenat, apatite).

Ce n'est donc pas au début de la surrection de l'Est aquitain, que les apports pyrénéens sont importants : le détritique du Sable de Lussagnet, ou de Saint-Quentin vient du Nord ou du Nord-Est.

Mais c'est bien après, vers le milieu du Lutétien supérieur, que la présence de reliefs pyrénéens se fera sentir dans l'alimentation des torrents de l'époque. C'est un autre argument pour admettre, à cette époque, des mouvements de bascule très lents, et à très large rayon de courbure.

D'autre part, G. ASTRE a étudié, et avec qu'elle minutie, les affleurements oligocènes de l'Est de la Garonne, dans son Mémoire sur les terrains stampiens du Lauragais et du Tolosan. Citons :

.../...

"Pendant toute la durée de l'époque stampienne, le régime des apports ne se maintint pas absolument constant. Une modification - la seule, d'ailleurs, dans la monotonie des faciès - intervint vers le milieu de l'étage, ce qui scinde celui-ci en deux tranches naturelles successives, d'affinités différentes.

a) Le Stampien inférieur avait vu arriver plus de sables, plus de graviers et même, par passées, des cordons de galets. Son faciès détritique, un peu grossier par endroits, le rend inséparable, sous ce rapport, du Sannoisien, qu'il ne fait que prolonger dans le temps (il n'est, tout de même, pas prouvé que ce ne soit pas là simplement un faciès de bordure et que, sous le centre de notre région, sous Toulouse, il ne devienne moins détritique, par variation latérale).

b) Le Stampien moyen (ou, du moins, ce que nous avons ainsi désigné, le niveau du Calcaire de Briatexte) inaugure le changement le plus appréciable qu'on ait à noter dans ces dépôts :

- disparition définitive du faciès grossier des poudingues à galets calcaires impressionnés, venus du Sud, héritage de la sédimentation éocène supérieure (Poudingue de Palassou), qui avait persisté jusqu'au sommet du Stampien inférieur (région de Briatexte et au N. de Saint-Gaudens) ;

- ravinement fréquent du sommet des Molasses du Stampien inférieur par la base des Calcaires de Briatexte (par exemple à Gamanel ou près du château de Donat), ce qui traduit un incident stratigraphique ;

- apparition du faciès marneux compact, franc (du pays du terre-fort), qui se place d'abord en variation latérale des Calcaires de Briatexte vers le centre du bassin ou même en intercalations entre divers des lits calcaires ; et cela montre que ce Stampien moyen est l'annonce du Stampien supérieur, où la sédimentation marneuse va s'amplifier, pour se poursuivre durant le Stampien terminal, lui-même inséparable du passage à l'Aquitanien." //

.../...

II - UNE HYPOTHESE SUR L'AGE DES DIFFERENTS NIVEAUX MOLASSIQUES DE L'EOCENE

Les grès de Saint-Quentin sont l'équivalent du Lutétien moyen à supérieur, et les grès à Nummulites qu'ils surmontent représentent le Lutétien moyen pro-parte. La zone des alternances (ZAL) serait également à inclure sous l'accolade Lutétien supérieur.

La zone argileuse serait l'équivalent continental des marnes bartoniennes.

Les décharges de galets, connues sous le nom de Poudingue de Palassou, représenteraient le sommet de l'Eocène supérieur. Epoque d'érosion intense et de destruction de la chaîne, reliefs lentement exondés par le jeu d'un mouvement de bascule à composante principale Est-Ouest, le pôle positif s'est lentement déplacé du Massif Central, au Nord, jusque dans la région des massifs orientaux de la chaîne pyrénéenne, au cours des temps Eocène moyen et supérieur. A partir d'un certain point de rupture, l'érosion devient assez brutalement très active. Et c'est le dépôt de ces puissantes séries de Poudingues qui pourrait correspondre en fait à une durée limitée de l'histoire géologique.

Quels sont les arguments d'ordre paléontologique pour ou contre cette manière de voir ?

La zone argileuse, dont je ferai volontiers du Bartonien, trouverait son équivalent vers l'Est dans les grès et argiles d'Aigne et les argiles bariolées de Cessenon. Dans le Golfe du Castrais, ce serait les argiles de Castres.

Au-dessus, viendrait le Bartonien supérieur daté par une faune de Mammifères : Paléothérium et Lophiodon lautricense. Dans la partie inférieure de ces Molasses du Bartonien supérieur, trois niveaux calcaires, à Cyclostoma formosum, Melamopsis Mansiana et Limnaea castrensis, rappellent le faisceau de Sabarat.

.../...

Par contre, sur la bordure méridionale de la Montagne Noire, les grès d'Issel, équivalents orientaux des Sables de Lussagnet et des grès de Saint-Quentin, sont Lutétien supérieur, datés par une abondante faune de Mammifères :

- Lophiodon isselense ;
- Propalaeotherium isselanum ;
- P. parvulum,

des Crocodiliens et des Tortues.

III - ESSAI DE SYNTHESE OROGENIQUE

Depuis le début de ce travail, au cours des différents Chapitres, et des titres qui couvrent l'histoire des diverses régions du Bassin d'Aquitaine, il est apparu deux types de pulsations orogéniques :

1) L'un de ces types se produit pendant une durée courte, et d'une manière brutale, assurant chaque fois des discordances manifestes, la création de structures, donc exerçant des mouvements de compression, mais parfois aussi des failles de distension, figures qui ont pu être observées sur un grand nombre de coupes sismiques. Les directions structurales sont grossièrement parallèles aux Pyrénées, il est difficile de ne pas y voir l'écho d'événements qui ont structuré la chaîne elle-même.

   Parmi ces types je rangerai :

   a) La phase ypréso-lutétienne.

   b) La phase anté-stampienne et enfin, la plus importante, et qui a donné son modelé actuel à la chaîne, ou peu s'en faut,

   c) La phase anté-miocène.

.../...

2) Un autre type de pulsation se présente d'une manière totalement différente : il s'agit de mouvements surtout positifs dans l'étendue du bassin de piedmont, de très large rayon de courbure, admettant des rémissions, parfois une légère période négative.

Il s'agit évidemment de ce qui s'est passé dans le bassin d'Aquitaine depuis le Lutétien moyen, et qui s'est poursuivi, dans une première phase, jusqu'au milieu de l'Oligocène. Il est certain qu'une courbure de l'écorce d'une telle ampleur qui trouvait sans doute son pôle vers le Massif Central, ne s'arrêtait pas abruptement à la chaîne des Pyrénées. Cette courbure persiste encore actuellement : le seuil de Naurouze, limite de partage des eaux méditerranéennes et atlantiques, se situe tout à fait à l'Est du bassin, en position excentrique.

Ces deux phénomènes, sont tellement différents, qu'il faut leur chercher une origine distincte. Les foyers d'énergie qui les ont produites n'ont aucun rapport entre eux. Mais de leurs effets conjugués est née la chaîne des Pyrénées, et il est ainsi possible de tenter une synthèse harmonieuse qui rassemble toutes ces données.

Les mouvements du premier type sont liés à l'histoire de la chaîne elle-même. Que l'on raisonne, en termes de géosynclinal, ou de tectonique de plaques, cela n'a pas d'importance. Comme toutes les montagnes, les Pyrénées ont une histoire propre, liée à une certaine mobilité de ses éléments. Tout ceci provient sans doute d'événements qui se situent au niveau de la discontinuité de Mohorovicic. Sur ce schéma habituel, est venue se superposer toute autre chose : l'existence d'une géotumeur énorme, d'une modification locale du géoïde, produite par des courants de convection au sein de l'écorce entraînant la surrection, et la sortie des eaux d'une bonne partie de l'Est de la chaîne, à partir du Lutétien, sans que, pour autant, les phénomènes du premier type ne cessent de jouer leur rôle, au moment voulu.

La phase lutétienne, dite paroxysmale, des auteurs, est produite par l'effet de cette géotumeur. La phase orogénique, proprement pyrénéenne, liée à l'histoire même de la chaîne, est anté-miocène.

CONCLUSION

"Le vieil idéal scientifique d'epistemê - savoir démontrable, absolument certain - est en définitive une idole.

L'exigence d'objectivité scientifique fait qu'inévitablement toute proposition doit demeurer à jamais provisoire."
K.R. POPPER The logic of scientific discovery Londres 1959.

I - Le géologue est-il avant tout un naturaliste ? De ce fait, doit-il se priver de toutes les données, qui intéressent au premier chef sa propre Science, parce qu'il ne peut les appréhender à sa façon ? Voilà un étrange dilemne, qui met en balance les moyens d'acquérir la connaissance, avec la connaissance elle-même.

Et pourtant, les géologues pétroliers, qui ont été les premiers au contact des techniques géophysiques, ont mis des décennies à faire le tour de ce problème, et à essayer de le résoudre. C'est qu'il y a donc, un mode de raisonnement de l'un, que l'autre est incapable de suivre ?

En fait, il est à craindre que l'étude formelle des mathématiques ou de la physique n'atténue les facultés d'intuition et d'imagination. Ce qui est d'autant plus étrange que les créateurs et les maîtres de ces sciences ont été au plus haut point, doués de ces facultés.

Et le naturaliste a souvent conservé de ses années scolaires une certaine aversion pour l'arsenal des mathématiques, mur qui a pu lui paraître infranchissable. Par contre, il se trouve à l'aise dans l'observation de la nature, et de ses lois si complexes, et aux prolongements variés. Seule une "synthèse enveloppe" où l'imprécision de l'analyse permet alors tous les écarts possibles de l'imagination, lui paraît à la mesure de ce monde que l'homme a tant de peine de réduire à sa propre dimension.

.../...

Pendant longtemps, une guerre froide a opposé géologues et géophysiciens, au sein des services exploration des sociétés pétrolières. Et le phénomène a pu être étudié aussi bien dans les pays anglo-saxons que français. Il est en voie de disparition, par la force même des choses.

Il est peut-être bon, au moment où j'essaie de jeter quelque lumière sur ce problème, de rappeler brièvement, en quelques phrases, les principes cartésiens.

DESCARTES distingue l'intuition et la déduction, composants de l'intelligence. La méthode cartésienne traite du bon usage de ces facultés, de la manière suivante :

1) Le premier principe consiste à ne tenir pour vraies que des idées claires et distinctes.
2) Le second est de diviser les difficultés, pour mieux les résoudre.
3) Le troisième d'aller par degrés du simple vers le compliqué.
4) Et le quatrième, de ne rien omettre de ce qui est nécessaire pour résoudre une question.

Et, peut-être, d'appeler à l'aide B. PASCAL, qui dans une page célèbre, a distingué l'esprit de finesse de celui de géométrie.

"Ce qui fait que certains esprits fins ne sont pas géomètres, c'est qu'ils ne peuvent du tout se tourner vers les principes de géométrie ; mais ce qui fait que des géomètres ne sont pas fins... c'est qu'ils se perdent dans les choses de finesse, où les principes ne se laissent pas manier. On les voit à peine, on les sent plutôt qu'on les voit ; on a des peines infinies à les faire sentir à ceux qui ne les sentent pas d'eux-mêmes".

Ce qui correspond assez bien à la distinction que l'on peut faire entre géologue et géophysicien.

.../...

II - A la suite d'une analyse qui a comporté l'étude de corrélations de diagraphies de plus de 150 puits et de milliers de kilomètres de profils sismiques que j'ai rattachés aux affleurements lorsque c'était possible, j'ai pu, au cours de ce travail, établir des cartes d'isobathes du toit du Crétacé supérieur, de la Base de la Molasse et de la Base du Stampien, ainsi que des éléments sur la surface de discordance ante-miocène, avec les isopaques correspondantes.

Il faut, pour la bonne règle, souligner que j'ai utilisé, en ce qui concerne la carte d'isobathes du Crétacé supérieur, des documents mis à ma disposition par le Service Géophysique de la Division Exploration de la SNPA, que j'ai modifiés assez considérablement en diverses régions. Toutes les autres cartes ont été établies par moi-même en utilisant des coupes profondeurs souvent en provenance des géophysiciens de la SNPA, parfois pointées et restituées par moi-même sur des documents originaux.

J'ai étudié le bassin de Piedmont, au Nord de l'accident Nord pyrénéen, et sa structure jusqu'aux abords du Massif Central. L'histoire de ce bassin de Piedmont aux temps tertiaires, et singulièrement pendant les périodes d'érosion qui ont intéressé une grande partie de cette ère, reflète évidemment les événements dont la chaîne a été le théâtre. Pour reprendre une comparaison déjà souvent faite, il s'agit là d'une chaîne "à l'envers" dont les pulsations sont liées aux phénomènes orogéniques qui leur ont, indirectement, donné naissance.

Le Piedmont espagnol, au Sud de la chaîne, est moins bien connu. Il n'a pas donné lieu, sur l'ensemble de son domaine, à des campagnes géophysiques et de forages du même style qu'en Aquitaine.

Il faudra cependant essayer, un jour, de rassembler les éléments que l'on possède, sur ce Piedmont, et d'enserrer la chaîne dans un jeu de cartes d'isobathes et d'isopaques, qui permettrait vraiment de comprendre ce qui s'est passé au Tertiaire.

.../...

Je vais décrire un certain nombre de cartes d'isobathes et d'isopaques, qui ont trait aux divers termes du Tertiaire de Piedmont-Nord. Ces cartes donneront, de l'histoire de la chaîne à cette époque, une image "à l'envers", que nous essayerons d'extrapoler au domaine d'origine de ces sédiments. Ce faisant, nous constaterons d'ailleurs que les décharges détritiques ne viennent pas seulement du Sud des Pyrénées, mais aussi du Nord, ou Nord-Est, du Massif Central, ou parfois même de l'Est du Mouthoumet.

Et d'abord, examinons la forme actuelle du réceptacle, qui a accueilli, dans ce bassin, les sédiments post-hercyniens.

1) LES ISOBATHES DU SOCLE (Pl. 1)

Le socle, au sens où nous l'entendons ici, est formé de tout ce qui n'est pas le Secondaire, c'est la base des grès triasiques du Trias, ou du Secondaire, parfois du Tertiaire .

Ce socle possède actuellement la forme d'une fosse allongée Est-Ouest, qui se relève régulièrement d'Ouest en Est. A l'extrémité orientale de cette carte, le sondage de Carcassonne a trouvé 15 mètres de calcaire danien, puis 46 mètres de grès, reposant sur des schistes siluriens.

Dès l'abord, nous saisissons un trait fondamental de cette fosse : sa dissymétrie, par rapport à l'axe des Pyrénées, et la nécessité où nous sommes de projeter, sur ces Pyrénées elles-mêmes, cette dissymétrie, qui a sûrement joué un grand rôle dans leur mise en place.

J'ai d'autre part, reporté sur cette carte, les axes anticlinaux de Roquefort et de Bordères (Cezan-Lavardens) qui limiteront l'aire d'emprise de mon étude vers le Nord. Je n'ai pu passer sous silence la faille de Muret, qui accidente ce socle, et dont le prolongement vers l'Ouest - Sud-Ouest se dirige vers les Petites Pyrénées. Le décrochement subi par l'isobathe 5000, de part et d'autre de ces structures, est également l'indice d'une cassure très importante, sans doute transcurrente, et qui

.../...

sépare le bassin de Piedmonten deux ensembles, de part et d'autre de cette cassure.

Je passerai sous silence la description des éléments de remplissage de cette immense cuvette au Trias, Jurassique et Crétacé, ce qui n'est pas l'objet de ce travail. Il me suffira de rappeler l'essentiel : le Jurassique, assez constant d'allure, a une épaisseur moyenne de 1000 à 1500 mètres. Le Crétacé inférieur, à partir duquel la mobilité du tréfonds se manifeste, présente des fosses de subsidence de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur de dépôts. Au Crétacé supérieur, un sillon subsident de Flysch court en Est-Ouest en avant du front Nord-pyrénéen actuel, et de part et d'autre une mer oxygénée, sans turbidités, déposent des séries surtout calcaires, aussi bien au droit des massifs "axiaux" actuels, que plus au Nord, largement en bordure Nord de ce sillon.

Les dépôts détritiques, qui envahissent le sillon, viennent de l'Est d'un massif en voie d'érosion qui alimente cette fosse.

Il faut ici ouvrir une parenthèse : s'il est bien certain que les courants, qui parcouraient ce sillon du flysch, avaient un sens privilégié d'Est en Ouest, rien n'empêchait que l'alimentation en détritique ne vienne de massifs émergés localement, au Sud de cette fosse.

Il n'empêche que l'Est était, sans doute, plus haut que l'Ouest et ce schéma, qui se dessine dès le Santonien, sera constant au cours des âges, et jusqu'à nos jours, où la limite des versants méditerranéens et atlantiques du Piedmont Nord des Pyrénées se situe très loin vers l'Est, vers Carcassonne.

Le sillon Sénonien sous-pyrénéen, qui se comble à raison de 30 mm par siècle, présente "une profusion de figures sédimentaires dont d'innombrables flute casts indiquant sans ambiguïté l'origine orientale des courants" (VILLANOVA), Cet auteur pense que le phénomène de subsidence a précédé l'arrivée des terrigènes et qu'il a suscité le dépôt du flysch.

A partir du Maestrichtien, il s'introduit à nouveau une dissymétrie entre ce qui se passe à l'Est et à l'Ouest de la chaîne : les grès d'Alet et d'Aren (Espagne) sont l'indice de mouvements orogéniques orientaux, dans ce pays qui ne cessera au cours des âges d'alimenter en détritique les dépôts sédimentaires marins ou continentaux ; une marge continentale se dessine de direction Nord-Sud. Mais, encore une fois, rien n'empêche qu'il n'y ait eu des îles émergées, en direction Est-Ouest, à l'emplacement actuel des Pyrénées.

.../...

2) LES ISOBATHES DU TOIT DU CRETACE SUP (Pl. 2)

Qu'il soit sous le faciès flysch ou "plate-forme" le toit du Crétacé supérieur donne en sismique réflexion une image fidèle, qui a permis de dresser la carte de la planche 2. Ouvrons ici une parenthèse : cette carte est, pour une bonne part, l'oeuvre des géophysiciens et géologues de la S.N.P.A., auxquels je rends hommage, et que je remercie. J'ai cependant modifié en certains secteurs l'image qui m'avait été proposée. Ces modifications changent peu l'architecture de l'ensemble.

Contrairement à la précédente, cette carte présente une symétrie Est-Ouest assez remarquable. Les isobathes de - 3000 se rencontrent aussi bien à l'Ouest qu'à l'Est, ce qui est dû au fait que les fosses de subsidence au Crétacé se situaient vers l'Ouest. A l'Est, au contraire, il existe peu d'épaisseur de sédiments sous la base du Tertiaire.
D'autre part, à l'Ouest de la ligne Montauban-Toulouse, le lecteur peut apprécier l'extension actuelle, sous la Molasse, des dépôts crétacés.

La ligne en tirets forts, qui court de Condom à Saint-Gaudens, représente l'extension maximum vers l'Ouest des dépôts garumniens.

Elle permet de voir que cette limite passe à peu près Nord-Sud, au travers des Pyrénées, et de part et d'autre de la chaîne, à la même époque, l'identité des faciès et des successions d'événements géologiques dans le détail est telle qu'il faut admettre l'inexistence d'une barrière Est-Ouest à cette époque, et en ces lieux, entre l'Espagne et la France.

D'autre part, le sillon flysch, que nous avons vu dessiné sur la planche 3, est rempli à ras bord de sédiments. La mer semble de profondeur à peu près constante, et les sédiments daniens, nous le verrons, auront la même allure là où ils recouvrent la fosse du flysch ou le pays plate-forme. Des mouvements positifs, liés à cette surrection d'ensemble de l'Orient, provoquent çà et là l'apparition de conglomérats polygéniques.

Il faut se rappeler que, dès le Santonien, l'Orient alimente en détritique le sillon flysch. Il y a donc au Garumnien un arrêt brutal de ce dispositif, et peut-être de la subsidence du sillon, enfin comblé à refus, la limite du niveau de la mer est atteinte et tout le pays de l'Est sort des flots.

C'est l'aboutissement d'un long processus. Nous retrouverons cette succession d'événements qui se répéteront au Tertiaire.

3) LES ISOPAQUES DE L'EOCENE ET OLIGOCENE SOUS-MOLASSIQUE (Pl. 3)

Je sous-entends évidemment molasse continentale. Et j'aurais pu appeler cette carte "isopaques du Nummulitique marin", si, vers l'Est, des termes régressifs continentaux n'apparaissaient, soit à l'extrême base de l'Eocène, soit au Sparnacien.

J'ai reporté, en filigrane, sous les courbes isopaques, diverses limites :

1) A l'Ouest, en gros pointillés, c'est l'ancien tracé de la côte au Lutétien moyen à supérieur.

Ce qui est à l'Ouest de cette limite, à peu près Nord-Sud, sensiblement parallèle à la côte actuelle, représente le Nummulitique marin, et va, vers Soustons, jusqu'au Stampien exclus. Je n'ai pas, d'ailleurs, dessiné les isopaques dans cette région, c'est en dehors de mon propos.

Lorsqu'on lit les auteurs qui ont traité des terrains marins d'âge Lutétien supérieur là où ils affleurent, il est impossible de ne pas être frappé par l'association qu'ils font de l'aspect régressif du Lutétien supérieur, combiné à des contacts transgressifs nets, des conglomérats et des remaniements de microfaune.

J'avoue être très prudent en ce qui concerne les "contacts transgressifs nets" étudiés dans la Vallée du Bas-Adour, dans une région dont nous apprenons à connaître l'extrême complexité, et d'autre part, très couverte, et qui se prête mal aux observations.

J'avance l'hypothèse qu'il s'agit, dans la plupart des cas, de grands radeaux synclinaux, décollés vers la base des bancs de calcaire et conglomérats lutétiens, et qui sont partis en avant, vers le Nord, sur une semelle où le Trias et les marnes du Crétacé inférieur et de l'Eocène inférieur ont servi de lubréfiant, ce qui, évidemment, donne toutes espèces de rapprochements entre terrains d'âge différent, que je suis porté à interpréter en termes de rapports tectoniques et non stratigraphiques.

.../...

Quand l'étude minutieuse des sections sismiques du Bassin ne m'a jamais donné l'occasion de voir une discordance à la base du Lutétien moyen à supérieur, mais seulement plus bas, à l'Ypréso-Lutétien, je demeure sceptique sur la possibilité d'avoir des conditions nouvelles de rapports tectoniques, dans des régions par ailleurs bouleversées par une tectogenèse intense, que j'attribue pour ma part à la phase anté-burdigalienne essentiellement.

Les bancs de conglomérats sont souvent formés aux dépens même des couches lutétiennes.

Au Nord de Peyrehorade, J.J. BURGER (rapport interne SNPA 1945) signale de gros bancs de conglomérats polygéniques de 8 à 10 mètres d'épaisseur. Les galets sont formés aux dépens du Flysch crétacé, grès fin, calcaire argileux, silex. Les éléments sont arrondis et polis. Il s'agit de la destruction d'une falaise de flysch, sans doute proche, dans une mer agitée.

2) La limite de l'Ypréso-lutétien marin, qui suit à l'Est la faille de Muret, constitue sans doute une limite vraie, et non d'érosion, de la mer à cette époque.

A Losse 1, par exemple, sondage situé tout-à-fait au Nord, l'Ypréso-Lutétien est constitué de marnes et argiles à N. globulus avec des argiles bariolées continentales, plus ou moins sableuses. Nous sommes là vers la limite de la mer ypréso-lutétienne.

Des mouvements orogéniques importants se placent avant l'Ypréso-Lutétien. Celui-ci, en bien des points, est transgressif.

Le Trias de Lasseube, et bien d'autres "écailles" triasiques qui ont été souvent attribuées à des "injections" le long de failles, représentent des pans de falaises qui ont flué, se sont mélangés plus ou moins intimement dans la mer transgressive de l'Yprésien, qui attaquait et détruisait des édifices qui venaient de naître.

.../...

La planche 7 permet d'examiner le caractère transgressif de l'Yprésien vers le Massif Central. La mer déborde largement vers l'Est et le Nord-Est les limites assignées aux dépôts du Dano-Paléocène.

Je cite M. CASTERAS (1) : "Avec l'Yprésien, une grande transgression envahit le golfe de Carcassonne. A cette occupation marine, maintenue jusqu'à la fin du Lutétien inférieur...".

Vers les Pyrénées, les dépôts ypréso-lutétiens sont de plus en plus épais lorsque l'on va vers le Sud, mais seulement à l'Ouest de Saint-Gaudens. Au Dano-Paléocène, cette limite se situait plus à l'Est, au droit de Saint-Girons.

Le caractère des mouvements anté-yprésiens, que j'ai été amené à noter sur un certain nombre de coupes sismiques examinées, est proprement pyrénéen. Les mouvements sont colmatés en bien des points par la transgression yprésienne dont le tracé sur les coupes est souvent grossièrement parallèle à celui de la base de la molasse, dont la base est d'âge Lutétien.

Sur l'anticlinal de Lacq, l'Yprésien repose en discordance sur des terrains d'âge varié, du Crétacé supérieur au Paléocène. La brèche dite "Paléocène" est un remaniement in situ d'une falaise de cet âge, attaquée après les mouvements anté-yprésiens, par la mer.

Je ne sais pas s'il ne faut pas dater du Lutétien inférieur certains traits "discordants", vus sur coupe sismique, et qui présentent la même allure que les traits yprésiens. Il ne faut pas oublier que, si la sismique me permet de voir les horizons et d'en tirer des conclusions, je ne peux "toucher" ou échantillonner les terrains dont je décris les rapports respectifs.

.../...

---

(1) M. CASTERAS - Sur les formations continentales et lacustres tertiaires de la partie Sud-orientale du Bassin d'Aquitaine.

Sauf s'il y a eu des sondages, et encore faut-il que des carottes aient été prélevées, l'analyse des cuttings est souvent sujette à caution, en ce qui concerne une datation par fossiles.

Et les remaniements de faune sont caractéristiques de l'Eocène marin des Pyrénées comme l'ont souligné MM. J. CULLIVIER et J. DUPOUY-CAMET.

3) Le Danien correspond à une période de césure, mais aussi de lien, entre deux cycles sédimentaires : celui du Crétacé supérieur, et celui du Nummulitique.

Vers l'Est, les faciès marins passent au calcaire sublithographique, lacustre, de 40 à 100 mètres d'épaisseur au maximum.

Le Tertiaire commence en Aquitaine avec le Danien. Celui-ci d'ailleurs vers les Pyrénées comprend des bancs de conglomérats monogéniques et autochtones, formés d'éléments de Danien remaniés, indice d'un fond sous-marin instable, et parcouru de courants violents, que représente cette carte d'isopaques à l'Est des Petites Pyrénées.
L'Eocène inférieur est transgressif, d'Ouest en Est le long du front pyrénéen. Le Montien est sableux et s'avance en direction de Pamiers. Au Thanétien, le golfe s'étend vers Carcassonne et Quillan.

Le Sparnacien, par contre, est régressif, calcaire lacustre ou saumâtre, et comprend des couches rouges.

Dans les Corbières, le Lutétien inférieur marin, à Nummulites atacicus, est suivi d'une série gréseuse à Huîtres et Cérithes.

Au Lutétien moyen, la mer est remplacée par des lacs d'eau douce, à Planorbes, avec des bancs de poudingues.

Les mêmes conditions ont existé en bordure de la Montagne Noire.

4) ISOPAQUES DES SABLES DE LUSSAGNET ET DES GRES DE ST-QUENTIN (Pl. 4)

Cette carte a été obtenue à partir de l'analyse des puits de la région d'Aquitaine. La sismique réflexion, qui marque bien la base de la molasse, et par conséquent des sables, n'a pas un pouvoir de résolution suffisant pour en apprécier l'épaisseur, à quelques dizaines de mètres près.

Mais ces valeurs d'isopaques s'ordonnent, les faciès électriques sont relativement constants, et je suis arrivé ce faisant au dessin de la planche 4.

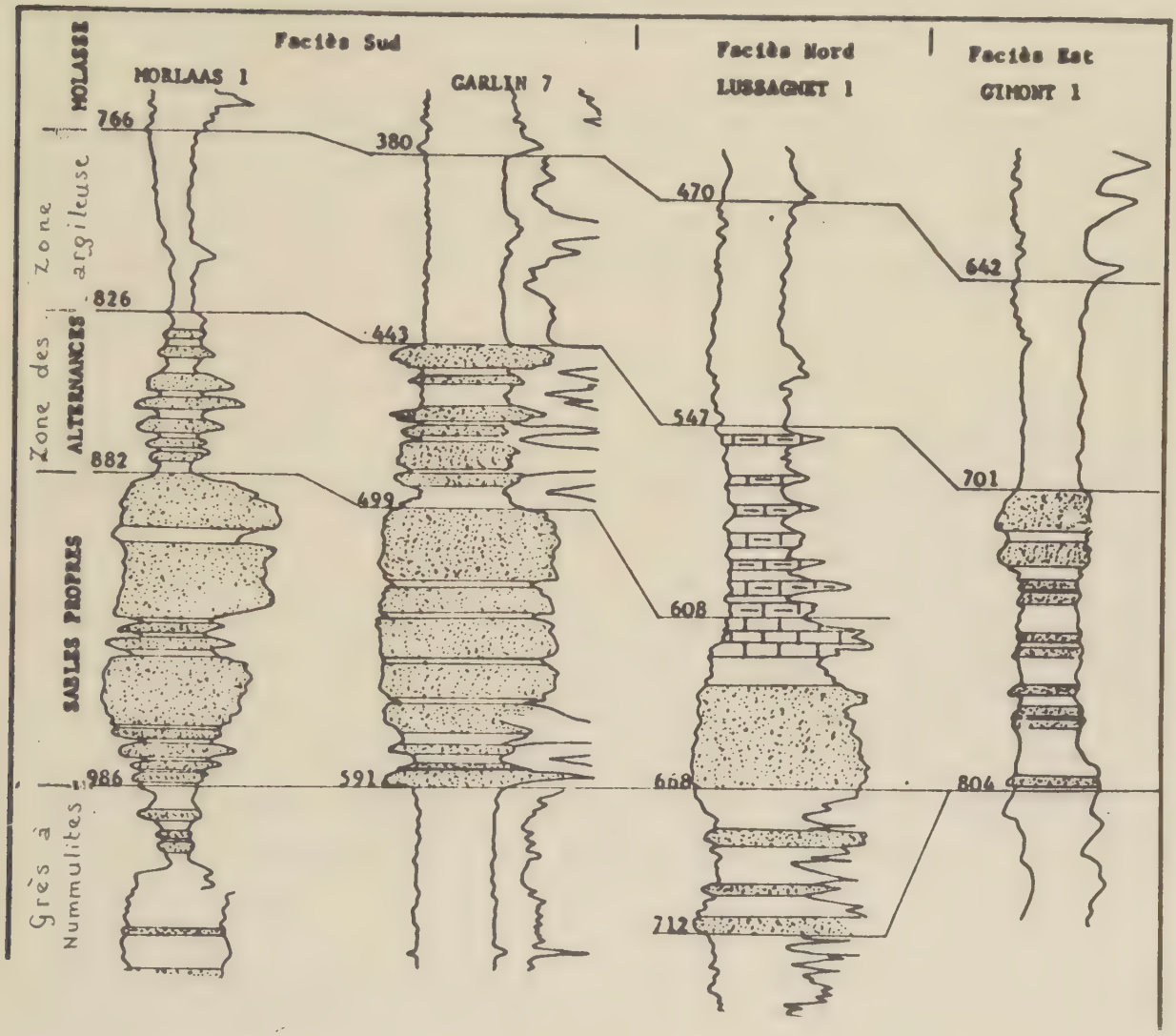
Je vais analyser les différents aspects qu'elle présente, et, d'abord, situer le problème.

Les sables de Lussagnet sont formés de corps sableux, séparés par des lits argileux ou argilo-sableux minces. Ce sont des sables de plage ou d'estuaire, de delta.

Vers le Nord, ils deviennent plus calcaires, surtout à leur partie supérieure. Vers l'Est, plus argileux, en allant vers Muret et Lezat. Les grès de Saint-Quentin, à l'Est de cette zone argileuse, paraissent être l'équivalent latéral des sables de Lussagnet. Ils sont connus essentiellement à l'affleurement, et je ne peux, en conséquence, comparer leur faciès électrique avec celui que je présente ci-contre, et qui est extrait d'un rapport interne SNPA, oeuvre de H. COUSTAU.

.../...

Faciès électrique des sables de Lussagnet d'après H. COUSTAU Essai sur les aquifères du Tertiaire et du Crétacé supérieur d'Aquitaine (Rapport interne S.N.P.A. - 1967).



Au-dessous des sables, c'est le faciès régressif, dit des grès à Nummulites (GN).

Au-dessus, c'est la zone des alternances, quelques dizaines de mètres de grès, poudingue, entremêlés d'argile. Cette zone des alternances est

.../...

parfois légèrement discordante sur les sables, les poudingues comprennent souvent des blocs de sables ou de grès, arrachés plus ou moins in situ à leur soubassement. Vers Tarbes, il semble même que la mer ait tenté une brève incursion, en mordant à nouveau sur les franges du domaine continental. Ce pourrait être l'indice d'une occupation marine de la chaîne, en ces temps-là.

Au-dessus de la zone des alternances (ZAL), qui n'existe pas toujours, vient la zone argileuse (ZA) série épaisse de 50 à 300 mètres d'argiles versicolores à gypse et de marnes, avec quelques rares bancs détritiques qui deviennent des calcaires argileux lacustres vers le Nord et le Nord-Est.

Puis les décharges détritiques qui caractérisent le poudingue de Palassou, recouvrent les pays de piedmont.

Etudions maintenant, vers l'Ouest, vers la mer ouverte, comment il est possible de passer des sables fluviatiles à l'Est, aux sédiments marins à l'Ouest.

Le dessin des courbes isopaques de la planche 4 paraît à cet égard très suggestif. Le faciès régressif du grès à Nummulites, sables plus ou moins consolidés de plages ou d'atterrissements littoraux, passe vers la mer ouverte à des calcaires ou calcaires gréseux à Nummulites du Lutétien moyen à supérieur. Il est particulièrement facile de s'en rendre compte, grâce aux images électriques des sondages, de part et d'autre de l'ancienne ligne de rivage.

Si le Lutétien moyen à supérieur est formé de bancs parfois épais de calcaire ou de calcaire gréseux, inclus dans une série argileuse relativement dominante, le Bartonien est franchement argileux, avec des calcaires à Chapmanina et Milioles. Les apports détritiques paraissent peu importants.

Vers le Sud, de Bayonne à Peyrehorade, il n'en est pas de même, au moins au Lutétien supérieur : il existe au sein de ces couches des bancs de conglomérats, les bancs calcaréo-gréseux eux-mêmes renferment des blocs allochtones souvent très volumineux et d'origine variée. Les remaniements de microfaune sont fréquents.

.../...

Ces bancs de conglomérats se répètent à différents niveaux, traduisant des oscillations marines et des fonds instables, ce que suggère aussi l'importance des remaniements autochtones, tant dans les marnes que dans les niveaux plus calcaires. Je cite J. CUVILLIER "Les séries sont très littorales et détritiques, riches en organismes côtiers et correspondent vraisemblablement à des destructions de falaises et de hauts fonds, formés au cours d'une phase orogénique antérieure". (Re. ort Int [illegible] CNRA). Et, lus loin, "l'Eocène supérieur de la coupe de Biarritz montre une épaisseur particulièrement importante dans une région où une subsidence nette s'est toujours manifestée. La sédimentation, sauf pour la partie supérieure de l'Auversien, reste, malgré tout, néritique. Les nombreuses récurrences calcaires à grands Foraminifères et débris de Mollusques traduisent un faciès peu profond. Toutefois, les marnes à Pentacrines, sans grands Foraminifères, des anciens abattoirs de Biarritz correspondent peut-être à une sédimentation plus profonde, sans apport détritique appréciable.

5) <u>LES ISOBATHES DE LA BASE DE LA MOLASSE</u> (Pl. 5)

Cette carte d'isobathes représente essentiellement l'allure de la Base des Sables de Lussagnet. Cependant, à l'Ouest de la limite des sables, elle prend en compte la Base de la Molasse, aussi bien éocène supérieur qu'oligocène.

Au-delà du biseau des Sables de Lussagnet sous la Molasse, dans l'angle Nord-Est de la carte, quelques valeurs de cote correspondent à la limite du Continental sur le Mésozoïque ou le Primaire.

Les Petites Pyrénées et la faille de Muret divisent la carte en deux ensembles : à l'Ouest, le niveau - 2000 est une limite extrême, à l'Est le niveau 2500 est communément atteint, et le schéma structural est plus simple : il s'agit d'une fosse allongée Est-Ouest qui se relève de part et d'autre, vers les Pyrénées ou vers le Nord.

Cependant qu'à l'Ouest et au Nord de la limite formée par les Petites Pyrénées et la faille de Muret, ce schéma simple est compliqué par l'interposition, dans une fosse par ailleurs bien plus large, de rides qui l'accidentent en direction générale WNW.

Il est d'un grand intérêt de rappeler les études analytiques de [illegible] sur les minéraux lourds des sédiments détritiques de l'Aquitaine, aux temps tertaires, et qu'il a condensés dans une note à la SGF en 1948 dont je cite quelques extraits.

Minéraux de métamorphisme général, disthène et staurotide caractérisent l'apport du Massif Central, et minéraux de métamorphisme de contact, grenat et andalousite, l'apport des Pyrénées. Ce qui correspond peut-être à des stades d'érosion différents.

"L'Eocène sableux, aussi bien sur la bordure Nord aquitaine qu'au Centre et même au Sud du Bassin, est issu du Massif Central". Et plus loin "A l'Oligocène, le paysage est entièrement changé. Le plateau central a perdu, comme relief, beaucoup de son importance : c'est la masse imposante de la jeune chaîne des Pyrénées qui règle toute la sédimentation aquitaine". La molasse aquitanienne du Tolosan est, en particulier, riche en andalousite et grenat. Pas de disthène. La provenance pyrénéenne des matériaux est indiscutable.

LES ISOBATHES DE LA BASE DU STAMPIEN (Pl. 6)

Cet étage est transgressif et discordant sur les séries antérieures, sous son faciès marin, comme sous le faciès molassique, qui l'apparente aux molasses plus récentes, dont certains critères, patiemment mis au point, permettent de le séparer. Je dispose d'une bonne centaine de sondages, où des diagraphies nucléaires et électriques ont été effectuées. J'ai des analyses de minéraux lourds effectués par A. VATAN et G. TCHIMICHKIAN, et, d'autre part, la présence du gypse, inconnu dans les poudingues, grès et marnes, ou calcaires subordonnés stampiens, apparaît brusquement dès que l'on atteint en forage les termes les plus anciens. Je ne reviendrai pas sur la technique que j'ai utilisée, et décrite dans l'Introduction ; bases du premier ordre, réseau des sondages et mailles sismiques. Je suis assuré d'avoir pu suivre, et d'avoir pu rattacher aux affleurements vers l'Est, où des faunes des Vertébrés ont été étudiés depuis longtemps et reprises récemment par Melle RICHARD, les séries traversées par les sondages, ou qui trouvent une expression graphique sur les coupes sismiques que j'ai soumises à l'examen du lecteur ; et vers l'Ouest, le stampien marin classique de Gaas et de Mugron a été un autre repère auquel j'ai relié l'ensemble de mes profils.

Par ailleurs, il apparaît sur un grand nombre de coupes sismiques, un niveau discordant, manifeste, au sein de la molasse, qui est à des cotes beaucoup trop considérables pour constituer la base du Miocène ; ce niveau est repris, parfois d'une manière vigoureuse, par les mouvements anté-miocènes - Là où je peux l'amener aux affleurements du front Nord pyrénéen, ce niveau coïncide avec la base du poudingue de Jurançon - Il y a là une hypothèse cohérente, chaque fois qu'il m'a été donné de la rapprocher des faits, la coïncidence est parfaite, l'ensemble est homogène et bien structuré.

J'ai déjà souligné (planche 5 des isobathes de la Base de la Molasse) la profondeur relative de la fosse à l'Est des Petites Pyrénées par rapport à ce qui se passe à l'Ouest.
Le remplissage stampien a une autre allure : la cote - 700 atteinte dans la fosse de Lezat, se poursuit vers l'Ouest très loin, et ce n'est qu'aux abords de la fosse d'Arzac que l'on atteint - 1000. Les isobathes sont à peu près parallèles à la chaîne, les directions pyrénéennes les ont fortement marquées.

C'est au Nord Est de Pamiers qu'elles accusent un relèvement vers l'Est, qui permet au Stampien d'affleurer largement. Les mouvements sans doute anté-burdigaliens ont fortement gauchi, encore une fois dans le sens positif, l'Est des Pyrénées.

Mais les Pyrénées centrales et occidentales ont alors, au cours de ces mouvements anté-stampiens, pris une allure, et des directions qui se fixeront une fois pour toute au cours des mouvements anté-burdigaliens.

Voici en quels termes J. BLAYAC en 1830, analysait les rapports des terrains stampiens et plus récents, avec leur soubassement.

"Le Stampien, qu'il soit marin ou lacustre, est en transgression très marquée vers le Nord. De tous les terrains tertiaires nord aquitains, le Stampien, le Chattien et l'Aquitanien sont les seuls dont les sédiments vont reposer, même sous leur faciès calcaire, sur les terrains anté-tertiaires comme sur les argiles à graviers représentant le Sannoisien et le Ludien. On peut suivre le Stampien sous ses divers faciès, sans discontinuité, du littoral girondin jusqu'au golfe de Castres. Il est bien le seul de toute la série tertiaire qui offre cette particularité".

Si l'on examine de plus près comment les choses se sont passées, il est possible d'arriver au schéma suivant :

Ouest		Est
E	--------->	transgression (falun de St Avit)
D	<---------	régression (Chattien) Molasse de l'Agenais
C	--------->	transgression majeure (Gaas - Tuc de Saunon)
B	<---------	régression
A	--------->	transgression marine

Rappelons qu'à CLH 1, sur la ride de Clermont, le Stampien, de la cote 140 m à la cote 528 m, montre des alternances de faciès marins et lacustres. D'après J. Cuvillier, au-dessus de l'Eocène supérieur, vient une argile ligniteuse noire de 528 à 486. De 486 à 483, ce sont des argiles marines, littorales, très détritiques, à fragments de micro-conglomérats, débris de Bivalves, Gastropodes avec des Lepidocyclines, et Halkyardia ovata, et de la microfaune remaniée de l'Eocène supérieur.

De 483 à 267, c'est une argile lacustre grise, parfois maculée de violet. De 267 à 140, calcaire gréseux riche en microfaune, typique du Stampien.

Il existe donc, au droit de ce sondage, les trois termes A, B et C avec, en plus, à la base de A, un témoin d'émersion.

Au Sud et au Sud-Est de Clermont, le faciès continental du poudingue de Jurançon envahit l'ensemble de la série stampienne.

Le terme C est celui qui caractérise la plus importante transgression du Stampien. Il s'avance vers l'Est, bien au-delà des autres séquences, et c'est l'extension maximum de la mer stampienne qui s'affirme à cette époque.

Le falun de Saint Avit, de l'Aquitanien , se dépose encore plus loin vers l'Est. Cette dernière avancée marine, avant l'orogenèse paroxysmale des Pyrénées, qui se traduira par la régression généralisée du Burdigalien sur le bassin de piedmont aquitain, représente la dernière pulsation négative de l'histoire tourmentée de l'Oligocène supérieur dans nos régions.

Les limites que j'ai dessinées vers l'Ouest, sur la planche 6, sont donc approximatives. Elles représentent plus ou moins une moyenne.

J'ai inclus implicitement l'Aquitanien dans l'Oligocène. D'après les faunes de mammifères, il en est bien ainsi, l'Aquitanien représenterait l'extrême sommet de l'Oligocène. Comme je m'intéresse surtout aux termes continentaux, il est je crois judicieux, d'agir ainsi.

Résumons nous :

Le caractère transgressif du Stampien est très net : discordance, ravinement, conglomérats et galets qui forment souvent des marqueurs vers la base de la série.

Le faciès marin est caractérisé par une faune abondante de Nummulites N. intermedius - fichteli, N. vascusbonillei, Amphistegines, Operculines, Mollusques, Polypiers, Bryozoaires, Algues, Echinides.

L'Orogenèse ante-stampienne a impressionné la plupart des rides et anticlinaux, de sorte que la mer a envahi les synclinaux qui les limitent, et dessine des contours capricieux.

Ce qui est vrai du domaine marin, l'est aussi du domaine continental. Il n'y a aucune raison de limiter le terme de transgression aux séries marines.

C'est ainsi que j'ai pu suivre, grâce à la sismique, et parfois à l'affleurement, l'importance des mouvements ante-stampiens, les poudingues de Jurançon venant se déposer en transgression, cette fois continentale, sur les molasses de Palassou.

Les bancs de conglomérats sont très abondants et puissants, aussi bien en série marine que continentale. Cependant, vers la mer, des niveaux gréseux, faciès littoraux, correspondent aux décharges des poudingues continentaux.

7) ISOPAQUES DE LA MOLASSE EOCENE ET OLIGOCENE INFERIEUR

Cette carte a été essentiellement obtenue par soustraction des valeurs de la carte d'isobathes de la base de la Molasse et des valeurs de la carte de la base du Stampien.

Elle représente donc ce qui est resté des terrains d'âge Eocène à Oligocène inférieur après l'érosion qui a suivi les mouvements de la fin de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène. Cette carte d'isopaques peut, comme on le sait, être également envisagée comme la carte d'isobathes, modelé de la base de la Molasse continentale à la suite de l'orogenèse ante-stampienne, en supposant qu'il y ait eu une pénéplainisation complète, avant la transgression, marine à l'Ouest, continentale au Centre et à l'Est du Stampien moyen.

L'épaisseur des Molasses continentales augmente régulièrement d'Ouest en Est. Il y a donc eu :

1 - Une subsidence active et de plus en plus importante lorsque l'on va vers l'Orient.

2 - Un relèvement constant du niveau de base depuis les événements du Lutétien moyen à supérieur qui ont lentement rejeté la mer vers l'Ouest, la composante Nord-Sud agissant de telle manière que le dessin de la côte à l'Eocène est à peu près parallèle au dessin actuel. Vers l'Ouest, j'ai distingué à cet égard deux limites : l'une représente l'allure des plages au Lutétien moyen à supérieur : c'est l'extension maximum vers l'Ouest des sables de Lussagnet. L'autre, plus à l'Ouest, est la limite approximative de la mer au Bartonien supérieur, au moment du maximum de la régression marine.

Dans le synclinal du Louts, entre la Ride d'Audignon et le Massif de Bastennes Gaujac, des couches lagunaires surmontent le Lutétien supérieur à Alveolina elongata.

.../...

Dans le vallon de Pedelail, ces couches lagunaires sont surmontées d'argiles à graviers ayant fourni des restes de mammifères qui datent le Ludien ou peut-être même la base du Sannoisien.

Il s'agissait alors d'une côte très basse, plate, d'un paysage où l'on devait passer insensiblement de la mer à la terre ferme par l'intermédiaire de lagunes plus ou moins saumâtres.

Pendant ce temps-là, loin vers l'Est, les torrents de montagnes accumulaient d'énormes épaisseurs de poudingues.

Revenons à l'époque lutétienne :

Une mer, largement ouverte vers l'Ouest, limitée vers l'Est par une côte à peu près Nord-Sud, très analogue au tracé actuel. Cette mer, très oxygénée, est riche en calcaire à grandes Nummulites, en a laissé des dépôts épais dans les sondages de l'Ouest du Bassin d'Arzacq. Vers le Sud, il s'intercale des bancs de poudingues, au milieu des argiles et des calcaires, indice de l'existence de cordillères sous-marines. Mais nous avons vu de tels poudingues apparaître au sein des dépôts marins de l'Eocène inférieur. Ces bancs sont connus au Lutétien supérieur dans la région de Peyrehorade.

Vers l'Est, la côte : elle est plate, sableuse, accidentée de dunes, ces sables viennent de l'Est ou du Nord ; ils sont l'expression d'un delta de grande dimension, de fleuves aux cours assez lents qui, à l'époque, coulaient du Nord-Est vers le Sud. Derrière ces dunes, des marais plus ou moins saumâtres, des lacs et, allant vers l'Est, des formations de plus en plus détritiques et grossières. Le climat est chaud, très chaud même.

.../...

Comment la mer, qui s'étendait au Sud du Massif Central, s'est-elle transformée en un continent ? Cela s'est passé d'une façon ménagée, avec calme et une majestueuse lenteur. Aucun signe de discordance n'apparaît sur les coupes sismiques où le continental prend la place du marin sans que l'on puisse parler d'autre chose que d'un gauchissement à large rayon de courbure.

Le mouvement de bascule est né au Lutétien moyen vers l'Est, vers le méridien de Foix où les grès de Saint-Quentin appartiennent à cet âge, et c'est du Lutétien supérieur qu'il faut dater, vers l'Ouest, les sables de Lussagnet, en particulier autour de l'anticlinal d'Audignon.

Cette manière de voir est cependant une hypothèse. Il est possible que les grès de Saint-Quentin et sables de Lussagnet soient plus ou moins contemporains. Les phénomènes de condensation sont importants dans les séries régressives.

De toute façon, l'âge des sables est moins net vers le Sud, en s'approchant des Pyrénées, aussi bien vers Tarbes que dans l'Ariège, il est possible qu'ils soient d'âge plus ancien, soit sommet du Lutétien inférieur. Ce point est obscur, des phénomènes de condensation accompagnent communément les époques de régression, là où nous possédons une relative certitude par l'examen des logs électriques, il semble exister une équivalence des sables de Lussagnet et des calcaires lutétiens moyen à supérieur, en particulier au Nord d'Audignon. D'autre part, au Sud de Tarbes, la zone des alternances (ZAL), qui surmonte communément le sable, présente un cachet marin. Après l'épisode régressif, a existé une invasion marine de courte durée.

Le passage des grès de Saint-Quentin ou des sables de Lussagnet, au milieu marin, s'accomplit toujours de la même manière : par l'intermédiaire du faciès régressif, des "grès à Nummulites" (GN de ma nomenclature) qui présentent d'ailleurs en diagraphies de sondage des faciès typiques de régression. Surmontant les sables ou les grès continentaux, il est fréquent d'observer sur le terrain un ou plusieurs bancs épais de poudingue, à galets souvent peu roulés du grès même sur lequel il repose, et qui comporte des éléments qui ont subi un plus long transport, de calcaires éocènes, crétacés et jurassiques.

Il est raisonnable de supposer que ce matériel vient du Sud, vient de la chaîne, qui a éprouvé les premiers frémissements des ondes orogéniques en provenance de l'Orient. Des cordillères ont dû, çà et là, se former et, attaquées immédiatement par l'érosion, fournir un matériel qui s'est répandu dans la mer lutétienne, donnant les bancs de poudingues de Peyrehorade, et sur le continent à peine émergé, les torrents ont déversé une décharge de galets entremêlés de sédiments plus fins.

Ces bancs de poudingue forment, ce que j'ai appelé dans ma nomenclature diagraphique, la zone des alternances (ZAL). Cette ZAL n'est pas constante et son épaisseur varie beaucoup. Il est peut-être possible de corréler ce fait avec l'existence ou non de cordillères au Sud, et avec la divagation des torrents qui en étaient issus. Une cordillère peut se former aussi bien en milieu continental qu'en milieu marin, ce peut être une île ou une intumescence sous-marine.

A la suite de ces événements, règnera le calme, ce qui va permettre le dépôt, en milieu continental, de ce que j'ai appelé la zone argileuse (ZA), épaisse de 200 à 500 mètres.
C'est plus tard, à l'Eocène supérieur et surtout au Bartonien, que les conglomérats vont prendre de l'importance ; il est possible de les étudier commodément en surface sur la feuille de Pamiers, et l'accentuation de la pente d'Est en Ouest a dû se produire à cette époque ; les diagraphies des sondages indiquent, au-dessus de la zone argileuse continentale, calme sédimentaire, l'apparition de niveaux détritiques et conglomératiques.

Résumons nous, et rassemblons, en particulier, les arguments d'ordre paléontologique qui peuvent nous aider à y voir clair.

Les sables de Lussagnet, et les grès de Saint-Quentin seraient à dater du Lutétien moyen à supérieur. La zone des alternances (ZAL) pourrait être à rapporter au Lutétien supérieur.

La zone argileuse (ZA) est l'équivalent latéral des argiles marines bartoniennes.

Les poudingues de Palassou, dans leur ensemble, pourraient être datés de l'Eocène supérieur, et pourraient correspondre à un espace de temps réduit.

Le Bartonien supérieur est daté, vers l'Est, par une faune de Mammifères. Le faisceau de Sabarat, vers Pamiers, serait de cet âge.

8) LIMITES DU BASSIN MIOCENE (Pl. 8)

a) Burdigalien

Cet étage, témoigne d'une régression généralisée, et très importante.

Mais c'est évidemment dans la région de Bordeaux, qui est en dehors de nos cartes, que les faciès marins classiques, étudiés depuis longtemps, sont à l'origine de cette dénomination.

Dans notre région, il est connu par sondage, dans la fosse de Saubrigues, où il est marin, ainsi que dans la région de St Paul les Dax.

J'ai reporté sur la planche 8 les limites du Burdigalien, marnes de l'Armagnac et poudingues au centre et à l'Est, faluns et calcaire gréseux, argiles à l'Ouest, comprenant une grande abondance de Miogypsines, avec de rares et petites Lepidocyclines. Le dessin des limites du marin et du continental est capricieux entre Bayonne et Mont de Marsan, et comprend, en particulier, un golfe bien dessiné à l'Est de Dax. Vers le Nord-Est, les limites approximatives du Miocène et du Stampien aquitanien, suivent plus ou moins le cours de la Garonne.

Vers le Sud, en bordure des Pyrénées, les dépôts de Molasse et de poudingues miocènes viennent colmater et cicatriser le grand accident nord pyrénéen, en de nombreux points, ainsi que les structures des Petites Pyrénées. Mais les dépôts proprement miocènes s'arrêtent très vite vers le Sud. Ce sont des argiles à cailloux roulés, qui dénotent l'existence à cette époque de cônes torrentiels, en provenance des Pyrénées. L'érosion a joué activement, à la suite des mouvements anté-miocènes, qui ont donné à la chaîne une architecture proche de celle que nous connaissons actuellement. L'avancée du Labourd et son corollaire, le pli couché de Sainte-Suzanne, les structures de Bordères, Roquefort, Cezan Lavardens, les plis d'Audignon et d'Antin-Maubourguet, le front nord pyrénéen jusqu'au Plantaurel date de cette époque. Il n'est pas impossible que d'autres plis couchés importants des Pyrénées elles-mêmes, soient à rattacher à cette orogenèse. Il s'agit d'une phase de compression, très importante.

.../...

b) Helvétien

Les Miogypsines, Heterostégines, Operculines ont laissé de très nombreux tests dans les sédiments littoraux de cet âge. Lorsque la mer est plus profonde, vers l'Ouest, ces grands foraminifères disparaissent, par contre ils sont remplacés par une microfaune planctonique et des Mollusques nombreux dans une argile grise (Faluns de Saubrigues).

Vers l'Est, le bord de la mer peut se suivre facilement, grâce aux affleurements et aux nombreuses marnières autrefois exploitées.

La mer déborde largement, au Nord vers Mont de Marsan, au Sud dans le Golfe d'Habas, les limites des côtes burdigaliennes. Les calcaires gréseux et les marnes à Amphistégines, Miogypsines, Polypiers et Mélobésiées affleurent largement à Salies de Béarn et colmatent la faille nord de Sainte-Suzanne, près de Sallespisse.

Les contours de la mer helvétienne sont assez capricieux, les unités tectoniques actuelles apparaissent comme des promontoires , grace à l'orogénèse antémiocène , et la mer dessine des golfes dans les synclinaux

La transgression est d'ordinaire soulignée par un cordon de galets, les bancs de conglomérats massifs sont rares.

c) Mio-Pliocène

Ce sont des argiles à galets ou blocs et ceux-ci sont surtout formés de roches anciennes, granites, quartzites, schistes.

Ces dépôts sont transgressifs sur ceux du Miocène inférieur et moyen, et recouvrent en particulier, comme on le voit sur la planche 8, la frange mésozoïque des massifs axiaux. Une phase posthume a soulevé, à cette époque ces massifs, réplique du paroxysme anté-burdigalien.

.../...

Remarques d'ordre général

; par rapport à une échelle moyenne d'âge absolu communément admise, les divers événements survenus au cours du Tertiaire, dans le bassin de piedmont d'Aquitaine.

Admettons les chiffres suivants :

1) l'âge des mouvements Ypréso-lutétiens se situe il y a 56 millions d'années.

2) le début de la régression générale du Lutétien moyen à supérieur peut se placer à 45 millions d'années, et s'être poursuivi pendant 10 à 13 millions d'années environ.

3) la base du Stampien pourrait se situer à 32 millions d'années de notre ère.

4) le Miocène aurait commencé il y a 18 millions d'années, et là se situerait le paroxysme pyrénéen proprement dit.

5) le Pliocène débute à 7 millions d'années, et c'est l'époque où la carapace miocène a été fracturée et gauchie.

Il apparaît dès lors que les événements importants possèdent un rythme qui semble se situer autour de 10 millions d'années en moyenne.

Si je tente de tracer un tableau analytique et schématique de ces diverses époques, j'arrive à l'image suivante :

Pliocène

_____ 7 MA ⑥

Miocène

_____ 18 MA X

Stampien

_____ 32 MA X

Eocène et Oligocène inférieur molassiques

_____ 45 MA ④

Ypréso-lutétien

_____ 56 MA X

Dano-paléocène

_____ 65 MA ②

.../...

Le signe ⌀ indique le début d'une époque de voussure, de déformations lentes, à large rayon de courbure.

Le signe X marque des étapes beaucoup plus courtes et plus violentes, de véritables phases orogéniques au sens de Stille.

Il faut cependant souligner que, dans sa sécheresse et sa simplicité, ce tableau est un peu une caricature.

D'un autre côté, il paraît probable que ces événements, violents ou lents, qui se sont manifestés dans le bassin de piedmont, sont l'écho, et sont contemporains des diverses étapes de surrection de la chaîne au Tertiaire.

Je reviens brièvement sur les différents faits qui ont été décrits au cours des pages qui précèdent.

1 - Existence de mouvements anté-yprésiens, à anté-lutétien inférieur, avec amortissements et disparition d'un certain nombre de traits tectoniques à ce niveau ; il s'agit là d'une phase de compression, de direction pyrénéenne.

2 - Concordance de la base de la Molasse Eocène à Oligocène inférieur avec les niveaux sur lesquels elle repose et passage graduel du marin au continental.

3 - Discordance de la Molasse stampienne ou du Stampien marin qui peut s'observer en approchant des structures de la plaine ou au Sud du front Nord pyrénéen. Un certain nombre de traits tectoniques sont, à leur tour, colmatés par cette transgression, continental sur continental le plus souvent.

4 - Discordance de la Molasse miocène, et c'est là que le front Nord pyrénéen a été scellé. J'ai de bonnes raisons de penser que l'essentiel de l'orogenèse pyrénéenne date de cette période.

.../...

Le bassin de piedmont Nord des Pyrénées, de Peyrehorade jusqu'à Pamiers, a donc subi, au cours des temps tertiaires, des pulsations de deux types principaux :

a) L'une est à grand rayon de courbure, les discordances qu'elle suscite dans la plaine sont peu apparentes, c'est comme une lente "respiration" de l'écorce qui se gonfle lentement, ce qui fait sortir des ondes tout le pays oriental jusqu'à Pau, au Lutétien et jusqu'à Toulouse, au Garumnien.

   La phase "paroxysmale" du Lutétien supérieur s'exprimerait entre Peyrehorade et Bayonne mais les observations que l'on peut faire sont situées dans un pays si complexe, par suite de la présence de nappes d'écoulement d'âge sans doute anté-miocène, qu'il m'est impossible actuellement d'en tenir compte.

b) L'autre comporte des discordances angulaires, avec discordance du terrain post-orogénique, le phénomène pouvant être analysé en milieu continental ou marin.

   Quelle est la part de l'un ou l'autre de ces phénomènes sur l'orogenèse pyrénéenne ?

   Les terrains que j'analyse ici ayant à peu près complètement disparu de la chaîne elle-même, il est probable que les périodes orogéniques proprement pyrénéennes ont formé dans les dépôts de piedmont des plis de même direction qui ont repris un matériel dont les isopaques annonçaient déjà le sens des mouvements qui devaient les plisser.

Je voudrais enfin citer de A. LEYMERIE, qui soulignait il y a plus de cent ans l'importance des mouvements anté-miocènes, qui lui paraissaient le trait fondamental du front Nord des Pyrénées.

.../...

"Le terrain horizontal qui remplit le bassin sous-pyrénéen, et dont nous nous proposons de décrire une partie dans ce mémoire, est si nettement séparé, dans nos contrées, du terrain Eocène à Nummulites (Epicrétacé) - ce dernier, d'ailleurs, qui forme le dernier élément des Pyrénées, se lie si intimement, dans ces montagnes, aux couches supérieures de la formation crétacée - que nous avons toujours éprouvé une grande répugnance à confondre, sous la dénomination commune de Tertiaire deux ordres de choses que la nature a si nettement et si distinctement séparés. Nous n'emploierons dans ce travail le mot Tertiaire que pour représenter le terrain horizontal miocène de notre bassin". A. LEYMERIE 1861.

Si l'on se réfère aux travaux récents, les conclusions aùxquelles je suis arrivé vont bien dans le sens des hypothèses que J.P. MANGIN a développées au cours de plusieurs notes, il y a une dizaine d'années.

J'ai retrouvé, par ailleurs, un certain nombre de commentaires dans la thèse de Madame A. POIGNANT (1968) dont je suis heureux de donner des extraits :

"Il y eut ainsi des mouvements à l'Eocène inférieur et une phase lutétienne qui déforme les niveaux déjà déposés, et provoque des ondulations à large rayon de courbure, ayant la direction de la future chaîne et amenant un début de démantèlement".

"Postérieurement à l'Oligocène, ou au sommet de l'Oligocène, se place une phase importante qui marque la mise en place définitive des Pyrénées".

Je suis tout à fait d'accord avec cette façon de voir.

Dans l'état actuel de la connaissance, deux sources d'énergie au moins, situées à des niveaux différents du manteau ou de l'écorce, ont donné à la surface du globe, aux alentours et à l'aplomb de la chaîne des Pyrénées elle-même, des effets profondément différents. Cette proposition est importante, et mérite d'être développée.

.../...

1 - Ces mouvements à large ou très large rayon de courbure, dont j'ai étudié les effets dans la plaine de piedmont, depuis la fin du Crétacé supérieur, jusqu'aux temps miocènes et au-delà, sont liés à de véritables déformations du geoïde, donc de la répartition des masses en équilibre thermodynamique plus ou moins exact au sein du manteau. L'allure de la Beuguer, au cours des temps, est sans cesse modifiée grâce au déplacement relatif de masses de densité différente, ce geoïde en cours d'élaboration constante doit posséder, localement, des "geotumeurs", zones de déséquilibre en voie de compensation. Ces geotumeurs ont un certain rayon d'emprise, sur la surface du globe terrestre, et il est raisonnable d'admettre que, plus ce rayon d'emprise est grand, plus la source qui en est l'origine, est à grande profondeur. De même, plus le temps pendant lequel cette geotumeur se produit et développe ses effets est long, et plus l'importance du déséquilibre est considérable, et plus profonde est donc la source.

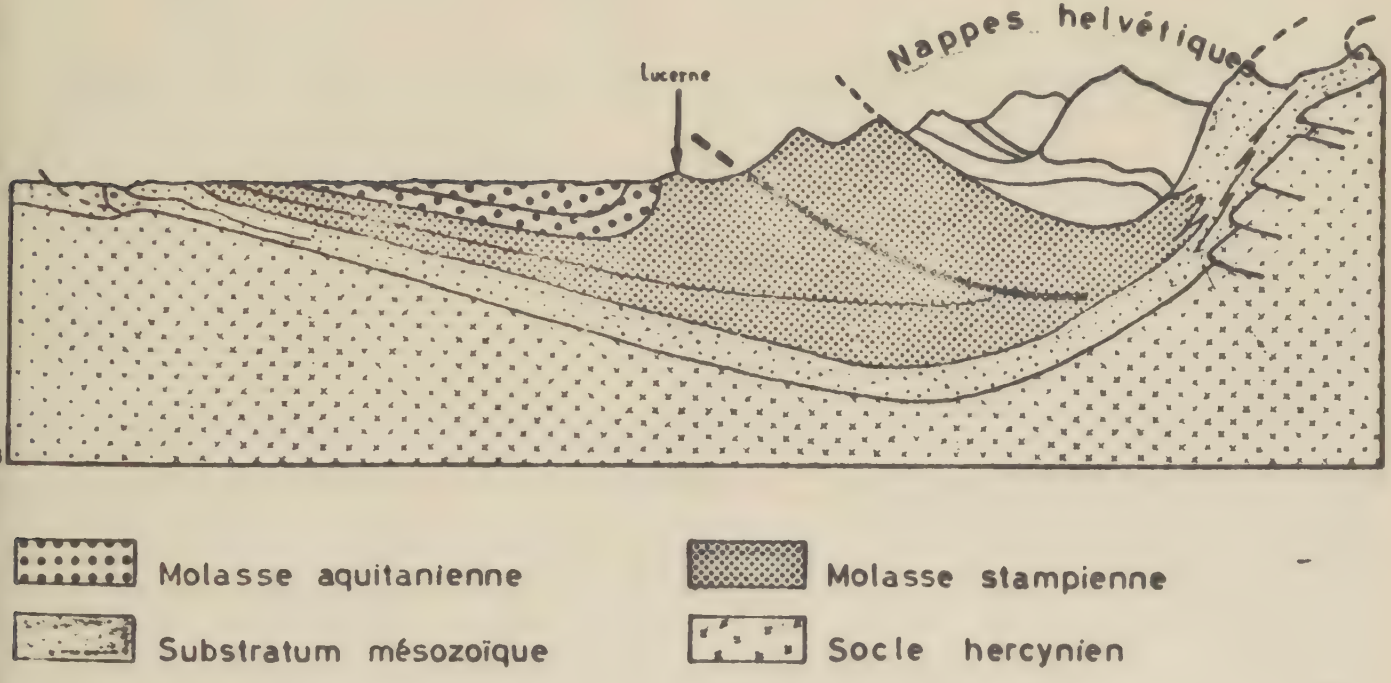
En ce qui concerne les Pyrénées, et leurs abords, il faut mesurer par une cinquantaine de millions d'années, le temps d'activité de cette déformation à large rayon de courbure.

2 - D'autres mouvements, brutaux, de style proprement orogénique , localisés dans le temps et l'espace, appartiennent à l'histoire des Pyrénées en tant que chaîne. L'origine peut en être recherchée dans une tectonique de plaques, ou toute autre explication liée à une certaine mobilité du tréfonds de la chaîne, selon certaines directions. Là les sources énergétiques sont, dans ce cas, localisées plus près de la surface.

L'interférence constante des effets de ces sources, de profondeur et d'origine différente, donne la clé de la tectogenèse de la chaîne aux temps tertiaires.

Je ne voudrais pas terminer ce travail sans mettre sous les yeux du lecteur une coupe transversale, à travers le bassin molassique alpin, que A. BERSIER a publié en 1948. La molasse stampienne est reprise dans les charriages alpins, comme sur le front nord des Pyrénées, elle a été ployée par l'avance, et la mise en place de cet accident chevauchant, et ceci est particulièrement frappant au Nord du pli de Sainte-Suzanne, ou au Sud de Tarbes, aussi bien que sur le front nord du Plantaurel. La molasse aquitanienne, bien qu'elle soit elle aussi plissée, vient visiblement colmater les nappes alpines.

Il y a, avec le schéma que je propose pour la mise en place du versant nord de la chaîne des Pyrénées des analogies évidentes.



Profil de l'avant fosse molassique passant par Lucerne (d'après P. [illegible] dans A. BERSIER . Les sédimentations rythmiques synorogéniques [illegible] molassique alpin – 19[illegible]

TABLE DES PLANCHES

Pl. 1 Isobathes du socle.

Pl. 2 Isobathes du toit du Crétacé supérieur.

Pl. 3 Isopaques de l'Eocène sous-molassique.

Pl. 4 Isopaques des sables de Lussagnet.

Pl. 5 Isobathes de la base de la Molasse.

Pl. 6 Isobathes de la base du Stampien.

Pl. 7 Isopaques de la Molasse Eocène et Oligocène inférieur.

Pl. 8 Limites du Miocène

BIBLIOGRAPHIE

ASTRE G.

Les relations des sables de la mer helvetienne et de la Molasse de l'Armagnac dans le Lectourais.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 1925, pp. 180-191.

ASTRE G.

Les grandes phases géologiques du domaine pyrénéen.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, tome 61, pp. 363-380.

ASTRE G.

Sur la gypsification sporadique des marnes d'Armagnac.
C.R. Somm. S.G.F. 1951, pp. 203-205.

ASTRE G.

Les calcaires à Planorbes de Masca rencontrés vers 700 m de profondeur par le sondage de Bordères.
C.R. Somm. S.G.F. 1951, pp. 126-128.

ASTRE G.

Terrains stampiens du Lauragais et du Tolosan.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, tome 94, 1959.

ASTRE G.

Le problème des aires d'affleurement du Stampien terminal au sommet des marno-molasses tolosanes.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse 1964, tome 99.

.../...

BAUDELOT S. et CROUZEL F.

Sur un nouveau gisement aquitanien de Vertébrés près de Colomiers (Hte-Garonne).
C.R. Somm. des Sc. de la S.G.F. 1969, fasc. 2.

W.A. BERGGREN

Cenozoic stratigraphy, planktonic foraminiferal zonation and the radiometric time scale.
Nature vol. 224 - 13 Décembre 1969.

BERGOUNIOUX F.M. et CROUZEL F.

Sur la nature, l'âge et l'extension de quelques poudingues nord-pyrénéens.
Proceedings of the third internat. Congress of sedimentology Groningen. Netherlands 5-12, Juillet 1951.

BERGOUNIOUX F.M. et CROUZEL F. - 1968

Sur deux gisements stampiens du bassin d'Aquitaine : St-Martin de Casselvi (Tarn) et Lamagnet (Hte-Garonne).
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, tome 104, fasc. 3 et 4.

BERSIER A.

Les sédimentations rythmiques synorogéniques dans l'avant-fosse molassique alpine.
18ème Congr. Géol. Intern. Londres, 1948.

BERSIER A.

Les sédimentations cyclothematiques des fosses paraliques de subsidence.
Congrès géol. intern. Alger, 1952, Section XIII, Fasc. 14.

BERSIER A. - 1953

La sédimentation cyclique des faciès détritiques, molasses et houilles signification et causes.
Revue I.F.P. numéro spécial 1953.

.../...

BERSIER A.

Séquences détritiques et divagations fluviales.
Eclogae geologicae Helvetiae.
Vol. 51, 1958, n° 3.

BLAYAC J. - 1930

Aperçu de la répartition des faciès et du synchronisme des terrains tertiaires du bassin de l'Aquitaine au Nord de la Garonne et jusqu'à Castres.
S.G.F. Centenaire livre jubilaire 1830-1930 (tome I).
Notices explicatives des feuillets de St-Gaudens, Pamiers, Carcassonne.

CARALP M. et VIGNEAUX M.

Les modalités de la transgression du Miocène inférieur en Aquitaine.
C.R. Ac. des Sc., tome 252, n° 15, 1961.

Carte géologique 1/80 000 de la France.
Feuille Pamiers, 2ème édition.

CASTERAS M. - 1954

Sur les formations continentales et lacustres tertiaires de la partie sud-orientale du bassin d'Aquitaine.
Actes du 2ème Congrès Intern. d'Etudes Pyrénéennes, 21 Septembre 1954 (tome 2, section I).

CHARITAT - 1961

Thèse 3ème cycle Université de Paris.
Région Montgaillard - Capvern.

COUSTAU H., SCHOEFFLER J., SOURISSE Cl. et STOJCIC B.

Essai sur les aquifères du Tertiaire et du Crétacé supérieur en Aquitaine.
Chronique d'Hydrogéologie n° 12, B.R.G.M.

.../...

CROUZEL F. (Abbé)

Observations sur les Molasses oligocènes le long des coteaux de Muret.
Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse - tome 85 - 1950.

CROUZEL F. (Abbé)

Les poudingues de Jurançon (feuille de Tarbes et d'Orthez au 1/80 000).
Bull. de la Carte Géol. de France, n° 239, tome LI, 1953.

CROUZEL F. (Abbé) - 1953

Note sur le déplacement latéral des cours d'eau vers l'Est au Miocène dans le bassin d'Aquitaine.
C.R. Congrès Soc. Sav. Toulouse.

CROUZEL F. (Abbé)

Le Miocène continental du bassin d'Aquitaine.
Thèse Fac. Sc. Un. Toulouse 1957.

CROUZEL F. (Abbé) - 1966

Permanence au pied du versant Nord des Pyrénées centrales, des débouchés des rivières miocènes, pliocènes et quaternaires.
(Actes Vème Congr. Intern. EST. PIR.).

CROUZEL F. (Abbé) - 1969

Captures fluviales dans la vallée de l'Arros (Hautes Pyrénées).
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, tome 105, fasc. 3-4.

CUVILLIER J. et DUPOUY-CAMET - 1946

Bancs de conglomérats dans le Lutétien supérieur du Bas-Adour et signification tectonique.
C.R. Somm. S.G.F., 3 Juin 1946.

.../...

CUVILLIER J. et DUPOUY-CAMET - 1947

Phénomènes de remaniement dans le Tertiaire marin de l'Aquitaine occidentale II. Bancs de conglomérats et galets remaniés.
C.R. Somm. S.G.F., 16 Juin 1947, n° 10.

CUVILLIER J. et DUPOUY-CAMET - 1947

Phénomènes de remaniement dans le Tertiaire marin de l'Aquitaine occidentale I. Remaniements de microfaune.
C.R. Somm. S.G.F., 19 Mai 1947.

CUVILLIER J., DUPOUY-CAMET J. et SACAL V.

L'anticlinal de Roquefort des Landes et les pointements crétacés de Créon-St-Julien.
B.S.G.F., tome I, 1951, pp. 553-584.

DAGUIN F.

Sur le Stampien dans la région du confluent de l'Adour et du Luy (Landes).
C.R. Somm. S.G.F. 1939.

de CHEVILLY F., COLO G., HENRY G., NICOLAI A., QUOIX J. et WINNOCK E.

Le champ de gaz de Meillon-Rousse et la structure profonde de l'anticlinal de Pau. Revue de l'Inst. Fr. du Pétrole, Vol. XXIV, n° 5, 1969.

DENIZOT G.

Les horizons continentaux du Stampien et de l'Aquitanien.
B.S.G.F., tome 29, 1929, pp. 205-216.

DENIZOT G. - 1947

Sur les conditions de dépôt de l'Oligocène en France.
C.R. Somm. S.G.F., 20 Janvier 1947.

.../...

DOUVILLE H.

Stratigraphie des couches de Gaas.
B.S.G.F. 19 Novembre 1906, tome VI.

DOUVILLE H. - 1929

Les Pyrénées occidentales au début de l'Eocène et la formation de la chaîne.
C.R. Séances Ac. Sc. - 18 Février 1929.

DOUVILLE H.

A propos du poudingue de Palassou.

DREYFUS M.

Sur les mouvements antéburdigaliens autour du pointement crétacé de Cezan Lavardens (Gers).
C.R. Somm. S.G.F. 1943, pp. 233-242.

DREYFUS M.

Observations géologiques au voisinage du pointement crétacé de Cezan Lavardens.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse T.78 Fasc. 4 - 1943.

DUCASSE O. - 1968

Contribution à la stratigraphie de l'Eocène.
Bull. Soc. Géol. Fr. (7) X, pp. 200-205.

DUMON E.

Sur la stratigraphie de l'anticlinal d'Aurignac.

.../...

GLANGEAUD M.L.

Sur la découverte d'un gisement stampien à anthracotherium dans les argiles à lignites de Nassiet (Landes).
Proc. verbal Soc. Lin. de Bordeaux, tome XC, 1938.

GLAUGEAUD L. et BOBIER Cl. - 1963

Corrélations entre le paléomagnétisme et les phases orogéniques pendant le Tertiaire.
C.R. Somm. Séances Soc. Géol. Fr., n° 1, p. 7.

GLAUGEAUD Ph.

Les faciès de l'Oligocène aux environs de Bergerac et dans la Dordogne.

GUBLER Y.

Remaniement d'une microfaune du Crétacé supérieur dans le Lutétien de Treziers (Aude).
C.R. Somm. S.G.F., 7ème série, tome I, 1959.

GUBLER Y. et POMEYROL R. - 1946

Nouvelles observations stratigraphiques dans l'Eocène au Sud de Pau (Basses Pyrénées).
Bull. S.G.F., XVI, fasc. 5.

GUBLER Y. et VATAN A.

Rythmes de sédimentation dans les zones de Nalzen, du Pech-de-Foix et du Dreuilhe (Ariège) pendant les temps crétacés BSGF XIII, pp. 299-331, 1943.

HUPE P.

Concordance et discordance du Poudingue de Palassou près d'Orignac (Htes Pyrénées).
C.R. Hebd. des Séances Ac. des Sc., tome 238, n° 1, 1954.

.../...

JACOLI C. - 1930

Zone axiale, versant Sud et versant Nord des Pyrénées.
S.G.F. livre jubilaire 1830-1930, tome II.

KLINGEBIEL A. - 1961

Lithostratigraphie comparée du sidérolithique Nord-aquitanien et des formations éocènes du Bordelais.

KLINGEBIEL A., VEILLON M. et VIGNEAUX M.

Mise en évidence et correspondance de séquences faunistiques et lithologiques dans le Paléogène Nord-Aquitain.
C.R. Ac. Sc. 254, n° 6.

LABOURGUIGNE J. - 1961

Thèse 3ème cycle.
La région de Bosdarros - Pontacq.

LABOUYERIE et CHARITAS

Thèses 3ème cycle.

LEYMERIE A. - 1861

Mémoire sur le terrain tertiaire post-pyrénéen du département des Hautes Pyrénées.
Actes de la Société linéenne de Bordeaux, tome XXIV, 3ème série, tome IV.

LOMBARD A.

Les rythmes sédimentaires et la sédimentation générale. Essai de synthèse.
Revue Inst. Fr. Pétrole - Vol. 8, n° spécial 1953, pp. 9-45.

.../...

MANGIN J.P. - 1958

L'histoire nummulitique du domaine pyrénéen.
3ème Congr. Intern. d'Etudes Pyrénéennes, Gerone.

MANGIN J.P. - 1957

Remarques sur le terme paléocène et sur la limite Crétacé-Tertiaire.
C.R.S. des Séances de la S.G.F., n° 14, 18 Novembre 1957.

MANGIN J.P. - 1959

Données nouvelles sur le nummulitique pyrénéen.
Bull. S.G.F. 7ème série, tome I, 1959.

MANGIN J.P. - 1962

La phase tectogénique pyrénéenne dans les Pyrénées et les conglomérats de Pobla de Segur (Lerida - Espagne).
C.R. Somm. des Séances S.G.F., pp. 224-225, 1961.

MANGIN J.P. - 1962

L'orientation pyrénéenne, résultante insolite des directions armoricaines et varisques.
C.R. Somm. Séances S.G.F., n° 5, p. 143.

MATTAUER M. et SEGURET M. - 1966

Sur le style des déformations tertiaires de la zone axiale hercynienne des Pyrénées.
C.R.S. des Séances S.G.F., fasc. 1.

MATTAUER M. - 1968

Les traits structuraux essentiels de la chaîne pyrénéenne.
Revue de Géoph. et Géol. Dyn., Vol. X, fasc. I, Janvier-Février 1968.

.../...

PALASSOU

Suite des mémoires pour servir à l'Histoire Naturelle des Pyrénées et des pays adjacents. Pau 1819.

POIGNANT A. - 1968

Thèse : l'Oligo-Miocène d'Aquitaine méridionale.

POMEYROL R. et GUBLER Y. - 1946

Nouvelles observations stratigraphiques dans l'Eocène au Sud de Pau (Basses Pyrénées).
Bull. S.G.F. XVI, fasc. 5.

POUECH (Abbé)

Mémoire sur les terrains tertiaires de l'Ariège.
Bull. de la S.G.F., tome XVI, 2ème série, 1858-1859.

POUECH (Abbé)

Sur l'altitude qu'atteignent les dépôts miocènes du bassin sous-pyrénéen dans le département de l'Ariège.
B S.G.F. (2), tome XX, 1864.

POUECH (Abbé)

Sur les mouvements du sol qui ont affecté les dépôts miocènes du revers Nord des Pyrénées.
B.S.G.F., tome XXII, 1864.

POUECH (Abbé)

Note concernant les poudingues tertiaires dits de Palassou, dans le département de l'Ariège.
B.S.G.F., 2ème série, tome XXVII - 1869-1870.

.../...

PRATVIEL L. - 1967

L'Oligocène de la partie occidentale du bassin d'Aquitaine.
Cartes faciologiques et structurales. Notice explicative.
B.R.G.M. 2-1967.

RECHINIAC

Thèse.

REYRE D.

Crétacé supérieur et Tertiaire des Hautes Pyrénées entre les vallées de l'Adour et de l'Arrêt.
Bull. Soc. Géol. de France, Vème série, tome XV, 1945.

RICHARD M. - 1948

Contribution à l'étude du bassin d'Aquitaine.
Les gisements de mammifères tertiaires. Thèse Sc. Paris.
Mém. Soc. Géol. France, tome XXIV, n° 52, p. 380.

SCHOEFFLER J.

L'âge des Molasses de Pau à Peyrehorade.
Bull. de la S.G.F. 7ème série, tome XI, 1969.

de SITTER L.U.

La phase tectogénique pyrénéenne dans les Pyrénées méridionales.
C.R.S. des Séances de la S.G.F., fasc. 8, 1961.

S.N.P.A. - 1969

Résultats géologiques de l'exploration pétrolière en avant du front des Pyrénées.
C.R.S. des Séances S.G.F., fasc. 6.

.../...

STUART MENTEATH

Epoque glaciaire miocène dans les Pyrénées.
B.S.G.F. (2), tome XX, 1868.

SZOTS E., MALMOUSTIER G., MAGNE J.

Observations sur le passage Oligocène-Miocène en Aquitaine et sur les zones de Foraminifères planctoniques de l'Oligocène.

B.R.G.M. 1954.

SZOTS E. - 1961

Remarques critiques sur l'Ilerdien et le Biarritzien, nouveaux étages introduits par L. HOTTINGER et H. SCHAUB.
C.R.S. des Séances S.G.F., fasc. 2.

TAILLEFER F.

Les poudingues éocènes et leurs enseignements.
Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, tome 84 - 1948 - pp. 7-18.

TAILLEFER F.

Le Piémont des Pyrénées Françaises - Toulouse - Privat, 1951.

VAN HOUTEN F.B. - 1969

Molasse faciès records of world wide crustal stresses.
Sciences - 19 Décembre 1969.

VASSEUR G. - 1891

Contributions à l'étude des terrains tertiaires du Sud-Ouest de la France.
Bull. des Services de la Carte Géologique de France, n° 19, tome II.

.../...

VASSEUR G.

I - Nouvelles observations sur l'extension des poudingues de Palassou dans le département du Tarn.

II - Observations au sujet d'une note de M. CARAVEN-CACHIN intitulée : le poudingue de Palassou dans le Tarn.

III - Relations du terrain nummulitique de la Montagne Noire avec les formations lacustres du Castrais.
Bull. des Services de la Carte Géol. de France, n° 37, tome V, 1893-1894.

VASSEUR G.

Sur les formations tertiaires supra-nummulitiques de l'Ariège.
Bull. des Services de la Carte Géol. de France, n° 86, tome XII, 1900-1901.

VASSEUR G.

Sur les formations tertiaires supra-nummulitiques de l'Ariège et en particulier sur la réapparition dans ce département de la bande des calcaires stampiens de Briatexte.
Bull. Carte Géol. Fr., tome 12, n° 86, 1902, pp. 543-552.

VASSEUR G. - 1911

Les faciès de la formation marine stampienne dans le bassin d'Aquitaine.
C.R. Ac. des Sc. 152, 22 Mai 1911.

VATAN A.

La sédimentation détritique en Aquitaine aux temps tertiaires.
C.R. Somm. S.G.F., 3 Février 1948.

VATAN A. - 1944

Premiers résultats d'une étude de l'origine du matériel sédimentaire du bassin Aquitain.
C.R. Somm. S.G.F., n° 8, 24 Avril 1944.

.../...

VATAN A. - 1945

Etude minéralogique des provinces distributives du matériel sédimentaire d'Aquitaine.
Bull. S.G.F., tome XV, n° 9, 1945.

VATAN A.

Un exemple d'application des méthodes d'études pétrographiques en paléogéographie : les faciès sableux de l'Eocène des Petites Pyrénées.
I.F.P.

VEILLON M. et VIGNEAUX M. - 1961

Le bassin Nord-Aquitain et la corrélation des stratigraphies nordiques et mésogéennes du Paléogène.
C.R. Somm. Séances S.G F., fasc. 8.

VEILLON M. et VIGNEAUX M. - 1961

Traits paléogéographiques majeurs de l'Eocène Nord-Aquitain.
C.R. Hebd. Ac. Sc. 253, n° 16.

VEILLON M. et VIGNEAUX M. - 1964

Le paléogène Nord-Aquitain ; interprétation stratigraphique et essai de corrélation.
Mem. B.R.G.M. n° 28. Colloque sur le paléogène. Bordeaux, 1962.

VIGNEAUX M.

Sur les limites de la mer burdigalienne dans le Sud du bassin d'Aquitaine.
C.R. Somm. S.G.F. 1951, pp. 146-147.

VIGNEAUX M. - 1953

L'anticlinal de Villagrains-Landiras.
B.R.G.M. n° 11.

.../...

VIRLET

Sur une faune pyrénéenne nouvelle des lignites miocènes d'Orignac.
B.S.G.F. 20 Mars 1865.

VIRLET M. - 1938

Sur l'âge des argiles ligniteuses de Nassiet près d'Amou dans les Landes.
C.R. Ac. des Sc. 207, 19 Septembre 1938.

VSEVOLOD CECHOVIC - 1959

Quelques remarques sur la valeur stratigraphique de l'Aquitanien.
C.R. Séances S.G.F., fasc. 6.